



P.- 32.135

CS 204/CS 215

327045

MEMORIA DESCRIPTIVA

que se presenta para unir a la solicitud
de

PATENTE DE INVENCION

formulada el día 23 de Mayo de 1.966 con el N° 327.045

en

E S P A Ñ A

por VEINTE años

a nombre de CRUCIBLE STEEL COMPANY OF AMERICA, entidad norteamericana, establecida en Four Gateway Center, Pittsburgh, Pennsylvania, Estados Unidos de América, por:

"MEJORAS INTRODUCIDAS EN LA PRODUCCION DE ALEACIONES CON BASE DE TITANIO DEL TIPO BETA"

Este invento se refiere a aleaciones con base de titanio y más particularmente a aleaciones del tipo beta con base de titanio.

5 La primera aleacion comercial con base de titanio totalmente beta era una que contenía 13% de vanadio, 11% de cromo, 3% de aluminio y el resto titanio. Está descrita en la patente USA 3.147.115. Las desventajas principales de esta aleación consisten en que (1) es algo difícil de trabajar en caliente y en frío, (2), su estabilidad durante largo tiempo

327045

14



a alta temperatura es pobre, y (3) es deficiente en lo que respecta a la capacidad de configuración en frío deseada para determinadas utilizaciones de aleación para chapas.

5 Una segunda aleación con base de titanio totalmente
beta seriamente considerada para su uso comercial era una
que contenía 12% de molibdeno, 6% de estaño y el resto tita-
nio. Dicha aleación se encuentra entre las descritas en la
patente USA Nº 2.769.707. Sin embargo, estas aleaciones con
base de titanio totalmente beta con alto contenido en molib-
10 deno tienen también determinadas desventajas. Aunque dichas
aleaciones, una vez obtenidas, muestran excelentes propieda-
des, son extremadamente caras a causa de que su alto conte-
nido en molibdeno las hace difíciles de fabricar. El molib-
deno tiene un alto punto de fusión (2.610°C) muy por encima
15 del titanio (1.668°C). Tal como se describe en la patente
USA 2.769.707 es necesario, para obtener las propiedades de-
seadas en la aleación final, añadir un estabilizador alfa
tal como estaño o aluminio a dicha aleación con base de ti-
tanio del tipo beta. El punto de fusión del molibdeno es
20 mayor que el intervalo de temperaturas de trabajo de cualquier
material refractario conocido y mayor que el punto de ebulli-
ción del aluminio (2.450°C) o del estaño (2.270°C) Por ésto,
anteriormente, ha sido necesario, para preparar una aleación
tal como Ti-12 Mo-6 Sn, recurrir a procedimientos caros espe-
25 ciales para obtener una aleación uniforme y homogénea.

Uno de tales procedimientos comprende triturar par-
tículas de esponja de titanio (de aproximadamente 6 a 12 mm
de tamaño) en un polvo fino (de aproximadamente menos de 74
micras) mezclar íntimamente y a fondo el polvo fino de tita-
nio con cantidades apropiadas de polvo de molibdeno y polvo
30

327045



de estaño (triturado cada uno aproximadamente hasta la misma figura), densificar la mezcla para formar una briqueta, y entonces fundir la briqueta con un doble electrodo consumible en vacío para obtener el producto deseado. Los polvos de molibdeno y de estaño son materiales caros, igual que el polvo de titanio. El polvo de titanio tiende a resultar contaminado con oxígeno y la mezcla de los polvos hasta el punto de homogeneidad es una operación tediosa y larga.

Otro procedimiento para fabricar una aleación Ti-12 Mo-6 Sn implica fundir una aleación de molibdeno y estaño, laminar la aleación de molibdeno-estaño hasta una extremada delgadez de manera que forme escamas, colocar las escamas uniformemente sobre la superficie de un lecho de polvo de titanio, constituir el lecho añadiendo capas adicionales de polvo de titanio y escamas, y después formar la briqueta y fundir en un doble electrodo consumible de vacío tal como se indica anteriormente. Este procedimiento es también largo y caro y requiere cuidado y adiestramiento por parte de personas que lo practican.

Otro procedimiento para producir la aleación de titanio-molibdeno-estaño implica mezclar esponja de titanio, polvo de molibdeno y polvo de estaño en pequeñas cantidades (por ejemplo de aproximadamente 50 g) y fundir repetidamente (aproximadamente 5 a 12 veces) en un arco de tungsteno en vacío. Este era el método primeramente practicado para producir estas aleaciones de forma que sus propiedades pudieran ser evaluadas, pero evidentemente es de todo punto demasiado caro para utilizarse en la producción de la aleación en una gran escala comercial común.

Se ha descubierto ahora que aleaciones con base de titanio del tipo beta que contienen circonio junto con molibdeno y estaño pueden ser fundidas en la forma de una

327045

14



aleación homogénea de forma considerablemente más fácil que otras aleaciones. Las aleaciones así obtenidas son comparables o superiores en su resistencia y ductilidad a la primera aleación antes mencionada con base de titanio del tipo beta, y además, tienen una buena capacidad de configuración en frío. Además, se ha descubierto que aunque cantidades de silicio tan pequeñas como 0,1% tienden generalmente a fragilizar las aleaciones del tipo beta y las hacen difíciles de laminar en frío, es posible no obstante utilizar ferromolibdeno comercial (que contiene silicio como impureza) en la producción de estas aleaciones, con ventajas económicas adicionales consecuentes comparadas con la utilización de molibdeno puro.

Las aleaciones del presente invento comprenden, en porcentaje en peso, de 7 a 13% de molibdeno, 1 a 6% de estaño, 1 a 20%, preferiblemente 1 a 7%, de zirconio, 0 a 3,5% de hierro, estando la suma de zirconio y hierro dentro del intervalo de 2 a 20% y preferiblemente 2 a 8%, siendo el resto titanio, impurezas, y posiblemente otros elementos en pequeñas cantidades que no afectan desfavorablemente las propiedades. El contenido intersticial de estas aleaciones es decir, carbono, oxígeno y nitrógeno, no deberá sobrepasar aproximadamente 0,2% en la cantidad total. La cantidad de zirconio es generalmente al menos de 2%.

Las aleaciones del presente invento pueden ser divididas en forma general en dos clases, dependiendo ampliamente de los elementos presentes junto con los elementos de aleación esenciales, molibdeno, estaño y zirconio, siendo las dos clases (a) las aleaciones esencialmente exentas de compuestos y (b) las aleaciones que contienen compuestos, de las cuales se prefieren las primeras.

327045



5 Las aleaciones exentas de compuestos tienen una
alta proporción de resistencia a peso cuando son expuestas
durante largo tiempo a temperaturas moderadamente elevadas,
por ejemplo de 50.000 horas a aproximadamente 315,5°C. Es-
tas aleaciones están caracterizadas por la ausencia sustan-
cial de elementos adicionales que forman compuestos inters-
ticiales y eutéctoides, tales como hierro. Así, la adición
de elementos formadores de beta distintos de los del grupo
beta-isomorfo (vanadio, molibdeno, tántalo, zirconio, co-
lumbio y hafnio) deberán ser evitados en todo lo posible.
10 Elementos isomorfos beta pueden ser añadidos en cantidades
hasta de 10%, pero generalmente el columbio el hafnio y el
tántalo deberán ser mantenidos por debajo de 5%. Cuandos otros
determinados elementos que no pertenecen al grupo beta-iso-
morfo son añadidos a la aleación (por ejemplo hierro, cromo
15 aluminio, silicio o maganeso) tienden a formar, inmediatamen-
te o después de un mantenimiento prolongado a una temperatura
de servicio moderadamente elevada, compuestos intermetálicos
que fragilizan la aleación. Además, para muchos objetos es
20 frecuentemente deseable soldar aleaciones con base de tita-
nio, y si la aleación posee alguna tendencia sustancial ha-
cia la fragilización como resultado de la formación de dichos
compuestos intermetálicos, se puede esperar que la operación
de soldadura la revele.

25 Las aleaciones exentas de compuesto, son tal como
se ha indicado anteriormente del tipo totalmente beta. Es
decir, por enfriamiento con aire o por temple rápido desde
una temperatura de tratamiento con solución del orden de 788°C,
muestran una microestructura totalmente beta, una buena capa-
30 cidad de configuración y un límite aparente de elasticidad

327045



relativamente bajo, que hace posible trabajarlas en este estado hasta una forma deseada. Se puede obtener entonces un sustancial aumento en la resistencia mecánica por posterior endurecimiento por envejecimiento de las aleaciones a aproximadamente 538°C. Estas aleaciones son altamente resis-
5 tentes a deformación plástica (bajo deformación permanente de 0,2% en 150 horas) cuando son ensayadas bajo altas cargas (7.000 kg/cm²) a altas temperaturas de servicio (399°C).

Los intervalos de composición preferidos para las aleaciones exentas de compuesto son de 9 a 12% de molibdeno, 2 a 5% de estaño, 1 a 6% (generalmente al menos 2%) de zirconio, siendo el resto esencialmente titanio. Un ejemplo de una aleación simple preferida es una que consiste esencial-
10 mente en 10% de molibdeno, 5% de zirconio, 4% de estaño y el resto titanio.

Las aleaciones que contienen compuesto contienen generalmente hierro y un intervalo preferido de composición es de 9 a 12% de molibdeno, 2 a 5% de estaño, 1 a 4% (generalmente al menos 2%) de zirconio, 1 a 2,5% de hierro y el resto titanio. Un ejemplo de una aleación simple preferida es una que consiste esencialmente en 10% de molibdeno, 5% de zirconio, 4% de estaño y 2% de hierro, y el resto tita-
20 nio. Generalmente, sin embargo, las aleaciones contendrán al menos 2% de zirconio, con un contenido total de zirconio más hierro de al menos 2%.

En general, se prefiere que las aleaciones contengan molibdeno y zirconio en una proporción de aproximadamente 2:1 por cuanto ésta es la proporción de molibdeno a zirconio que es deseable en la formulación de la aleación maestra antes citada. La utilización de cantidades sustancial-
30 mente menores de zirconio tiende a aumentar el punto de

327045



5 fusión de la aleación maestra y a disminuir los beneficios
obtenidos con esta aproximación a la producción de estas alea-
ciones. Se prefiere la utilización de al menos aproximadamente
2% de zirconio, particularmente en el caso de las aleaciones
que contienen compuestos para obtener una buena capacidad de
configuración en frío tal como se indica por los resultados
de los ensayos en copa Olsen. La utilización de cantidades
de zirconio mayores de aproximadamente 7% tienden a aumentar
el coste de las aleaciones sin proporcionar beneficios compen-
sadores en las propiedades, aunque en determinadas circunstan-
cias pueden demostrar ser útiles cantidades de zirconio tan
altas como 13% o incluso 20%.

10 El contenido en molibdeno de la aleación es mante-
nido dentro de los intervalos arriba indicados. Con cantida-
des mayores de molibdeno la aleación resulta más densa, más
cara, y menos sensible al tratamiento térmico. Con menores
cantidades de molibdeno, la aleación resulta menos estable
y envejece más rápidamente. Con menores contenidos en molib-
deno está indicada la utilización de mayores cantidades de
zirconio, estaño y otros elementos que actúan como estabili-
zadores beta.

20 En lo que se refiere al zirconio se deberá hacer
observar que la aleación del presente invento se puede prepa-
rar sin la utilización de zirconio pero exento de hafnio de
clase de reactor. En una modesta extensión, hafnio, así como
25 otros elementos estabilizadores beta (con el caso de las alea-
ciones que contienen compuestos) tales como cromo, columbio,
vanadio, manganeso, níquel, cobre y cobalto, pueden sustituir
en determinados casos al molibdeno y/o al estaño en una base
30 en peso aproximada 1 a 1.

327045



En las aleaciones de este invento, el estaño tiene dos efectos principales. Sirve para favorecer la ductilidad y capacidad de configuración de las aleaciones en estado en que quedan después de tratadas con solución retardando o evitando la formación de una fase omega fragilizadora y, con el molibdeno, comunicando a las aleaciones una estabilidad microestructural tal que cuando son expuestas después del tratamiento con solución a una temperatura de 510°C durante un tiempo del orden de 5 a 10 minutos, no se observa un endurecimiento apreciable. Este efecto favorable indica que el estaño deberá estar presente en una extensión de al menos 1%, preferiblemente 2%, en peso o (en el caso de las aleaciones con compuestos) al menos otro elemento tal como cromo, columbio, etc. deberá estar presente en una cantidad pequeña pero eficaz para favorecer los mismos fines. Cuando el estaño está presente en mayores cantidades, disminuye la capacidad de configuración de las aleaciones. A partir de esto, se considera necesario que las aleaciones del invento contengan menos de 6%, y preferiblemente menos de 5%, de estaño.

La capacidad de laminación en frío de las aleaciones puede ser mejorada por la adición de pequeñas cantidades de cromo, por ejemplo de aproximadamente 1%. Esto desde luego produce una aleación con compuestos. Cuando el cromo es añadido deberá ser disminuido el contenido en molibdeno. Una aleación preferida de este tipo es una que consiste esencialmente en aproximadamente 9% de molibdeno, 5% de zirconio, 4% de estaño, 2% de hierro, 1% de cromo y el resto titanio. El cromo sirve también para facilitar la fusión.

Para una máxima tenacidad, se prefiere que las

327045



5 aleaciones estén sustancialmente exentas de compuestos es decir que se evite en todo lo posible la adición de grupos formadores de beta distintos a los que pertenecen al grupo beta-isomorfo (es decir vanadio y molibdeno); para otras aplicaciones, sin embargo, la utilización de elementos activadores de beta formadores de compuestos es permisible y preferida en determinadas circunstancias.

10 Las adiciones de aluminio tienden a hacer la sensibilidad al envejecimiento más débil y a activar una mayor estabilidad a la temperatura de servicio y una mayor resistencia en caliente. Tal como se indica anteriormente, sin embargo, adiciones de aluminio en cantidades mayores de aproximadamente 3% afectan desfavorablemente la capacidad de configuración en frío de las aleaciones tal como se indica con los resultados en copa Olsen. La adición de aluminio se evita, desde luego, con las aleaciones exentas de compuesto a causa de la probabilidad de la formación de compuestos intermetálicos fragilizadores.

15 Se pueden tolerar pequeñas cantidades de otros elementos en aleaciones de acuerdo con el invento. El carbono puede estar presente en cantidades hasta de 0,15%. El boro y el nitrógeno pueden ser tolerados en cantidades hasta de aproximadamente 0,15 y 0,07%, en peso, respectivamente. Contenidos en silicio mayores de aproximadamente 0,08% interfieren con la capacidad de laminación en frío de las aleaciones. El cobre puede ser tolerado en pequeñas cantidades (por ejemplo en cantidades hasta de aproximadamente 4% en peso en el caso de aleaciones con compuestos) y el oxígeno en cantidades hasta de aproximadamente 0,30% en peso. Preferiblemente, sin embargo, el contenido total en elementos inters-

20

25

30

327045



ticiales está limitado a 0,2%, tal como se indica anteriormente.

En las reivindicaciones, el término "altura de ensayo en copa Olsen" deberá ser entendido que se refiere a los resultados de un ensayo conducido utilizando como muestra una lámina de aproximadamente 0,5mm de espesor que ha sido tratada con solución a 788°C durante 5 minutos y ha sido enfriada en aire. También en las reivindicaciones, se entenderá que el término "aleaciones con base de titanio" incluyen solo aleaciones que contienen más de 50% en peso de titanio.

Las aleaciones de este invento son del tipo totalmente beta. Es decir, por enfriamiento o temple al aire desde una temperatura de tratamiento con solución del orden de 788°C muestran una microestructura totalmente beta, una buena capacidad de configuración, y un límite aparente de elasticidad relativamente bajo, posibilitándolas a ser trabajadas en este estado hasta una forma deseada. Se puede obtener entonces un aumento sustancial en la resistencia por posterior endurecimiento por envejecimiento de las aleaciones a aproximadamente 538°C.

Las aleaciones del presente invento son preparadas preferiblemente con la utilización de una aleación maestra que tiene un punto de fusión menor que el del molibdeno. A saber se mezcla esponja de titanio con partículas granulares finas de una aleación maestra de molibdeno con zirconio y/o hierro. El punto de fusión de dicha aleación maestra está muy por debajo del del molibdeno y no muy por encima del de la esponja de titanio. La mezcla así formada puede ser briqueteada o densificada de otra manera y después fundida de cualquier manera apropiada, tal como por inducción en vacío, por haz de electrones en vacío o con electrodo consumible en vacío.

327045



5 Se puede requerir una fusión repetida para obtener resultados satisfactorios con las aleaciones que no contienen hierro. La utilización de hierro disminuye más aún el punto de fusión de la aleación maestra y hace posible utilizar el ferromolibdeno relativamente barato en lugar del polvo de molibdeno más caro que se requiere cuando el hierro no está presente. Aunque se puede tolerar la utilización de hierro en cantidades tan grandes como 3,5% (en peso de la aleación con base de titanio), el hierro en cantidades mayores que 10 2,5% tiende a disminuir la tenacidad de la aleación. Se puede obtener una mejora sustancial en la facilidad de fusión con una cantidad tan pequeña como 1% de hierro.

15 Una comprensión más completa del invento, con referencia a posibles realizaciones alternativas, se puede obtener a partir de los datos abajo presentados, estando dados estos datos solo a título de ilustración.

20 En la tabla I se presentan las composiciones químicas de un cierto número de masas fundidas en pastilla de 50 g. de aleaciones producidas de acuerdo con el invento o con fines de comparación, y como una indicación de la capacidad de laminación en frío de cada aleación.

327045



TABLA I

	Aleación Nº	Composición química, % en peso				Otros	Capacidad de lamina- ción en frío.
		Mo	Zr	Sn	Fe		
5	1	10	5	4		Sumamente buena	
	2	10	5	4		Muy buena	
	3	12	6	3		Buena	
	4	12		6		3Al Buena	
	5	13	5	5		2Al Muy buena	
10	6	8		4		4Cr Sumamente buena	
	7	12		4		5Cr Muy buena	
	8	12		4		0.58i Regular	
	9	9		4	3	Muy buena	
	10	10		5	3.3	Muy buena	
15	11	12		6		Buena	
	12	12	6			Sumamente buena	
	13	12	6			2Al Muy buena	
	14	12	6	2		2Al Muy buena	
	15	10	5	2		2Al Buena	
20	16	10	5	2		Sumamente buena	
	17	7		4	3	Buena	
	18	6		4		4Cr Sumamente buena	
	19	7		4		3Co " "	
	20	12		4		4Al Regular	
25	21	12	6	4		2Al Buena	
	22	12	4	4		2Al Buena	
	23	10	5	4		4Co Buena	

327045



TABLA I (cont.)

	Aleación Nº	Composición química, % en peso					Capacidad de lamina- ción en frío
		Mo	Zr	Sn	Fe	Otros	
	24	10	5	4		4Cr	Buena
5	25	10	5	4	4		" ?
	26	10	5	4		4Hf	Muy buena
	27	10	7	4			Sumamente buena
	28	12	4			4Al	Regular
10	29	10	7	2			Sumamente buena
	30	10	5	2		2Cu	Muy buena
	31	12	8				Muy buena
	32	12	8			2Al	Buena
15	33	12	8			4Al	Regular
	34	8	4			4Cr	Muy buena
	35	8	4			4V	Muy buena
	36	8	4		4		Buena
20	37	8	4			4Cb	Sumamente buena
	38	8	4	4		4Cb	" "
	39	8	4	4		4Cr	Buena
	40	8	4	4	4		"
25	41	8	4	4		4Mn	Sumamente buena
	42	8	4	4		4V	" "
	43	13				2.5Al	" "
	44	13				3.5Al	Buena
	45	12	4			3Al	Muy buena
30							



Aleación Nº	Composición química, % en peso					Capacidad de lamina- ción en frío
	Mo	Zr	Sn	Fe	Otros	
5	46	8			4	3Al Sumamente buena
	47	8				4V-3Al
	48	8				6V-3Al
	49	12	6	4		" "
	50	12	6	4		.05N Buena
10	51	12	6	4		.050 Muy buena
	52	12	6	4		.1B Buena
	53	12	6	4		.1C "
	54	12	6	4		.2C Mala
	55	12	6	4		.1Si Regular
15	56	12	6	4		.2Si Mala
	57	12	6	4		1.0Al Buena
	58	12	6	4		2.0Al Regular
	59	12	6	4		2Cu Sumamente buena
	20	60	11	5.5	4	
61		11	5.5	4		2Cr Buena
62		11	5.5	4	2	Muy buena
63		10		4	4	Muy buena
25		64	11	5.5	2	
	65	12	4	4		" "
	66	10	5	4	2	Muy buena
30	67	10	5	4		Sumamente buena
	68	12	6	4		.05Si Mala

327045



TABLA I (cont.)

Aleación	Composición química, % en peso						Capacidad de laminación en frío
	Nº	Mo	Zr	Sn	Fe	Otros	
5	69	10	5	4	2	1Cu-0.05Si	Buena
	70	11	5.5	2		2Cu	Suamente buena
10	71	8			2	4V-1Al-1Cu	Buena
	72	10	2	4	3		Muy buena
	73	10	2	2	3		Muy buena
	74	10	5	2	3		Muy buena
	75	10	4		4		Buena-Muy buena
15	76	10	5	4	2	1Cu	" " "
	77	11	2	4	2.5		Muy buena
	78	11	2	4	1.5	1Cu	Buena
20	123	12	12				Suamente buena
	124	12	15				" "
	125	12	12	1.5			" "
	126	12	8	2.5			" "

En la precedente tabla, el valor dado para la capacidad de laminación en frío fué determinado como sigue. Cada pastilla fué sometida a 2 ciclos de reducción en frío al 40%, para llegar a un espesor final de 1 mm, después de lo cual cada muestra fué examinada en cuanto a grietas en los bordes. Las muestras fueron clasificadas entonces, de acuerdo con la longitud de la mayor grieta de los bordes observada, de acuerdo con la tabla II siguiente:



TABLA II

<u>Calificación</u>	<u>Longitud de la grieta mayor, mm.</u>
Sumamente buena	Menor que 0,8 mm.
Muy buena	0,8 a 1,6 mm
Buena	1,6 a 3,2 mm.
Regular	3,2 a 6,4 mm.
Mala	6,4 a 12,7 mm.
Muy mala	Mayor que 12,7 mm.

10 A partir de los datos precedentes, se observará que determinados elementos tienden a fragilizar las aleaciones y a hacerlas difíciles de laminas en frío. Por ejemplo el silicio en cantidades mayores que 0,1% en peso es perjudicial (aleaciones 8, 55, 56) pero algunas veces se pueden tolerar pequeñas cantidades de silicio (aleación 69). Similarmente, el aluminio en el nivel de aproximadamente 3 o 4% era perjudicial (aleaciones 20, 28, 33, 47, 48) pero se pueden tolerar pequeñas cantidades (aleaciones 5, 13, 21, 22, 32, 57).

20 Se deberá hacer resaltar que las aleaciones presentadas en la tabla I fueron producidas utilizando una fusión repetida sobre la escala de fusión de pastillas de 50 g. de manera que en este trabajo solo se obtuvo una indicación muy general de la capacidad de fusión o de producción de las aleaciones.

25 En la siguiente tabla III se presentan resultados de ensayos para determinar la susceptibilidad de las aleaciones ensayadas al envejecimiento durante la exposición al aire durante 5 minutos a la temperatura de 510°C. El significado de estos resultados, en lo que se refiere a una nueva aleación de chapa o placa con base de titanio, es que es necesario frecuentemente, al tratar chapas o placas, someter a dicha

327045



aleación a un baño decapado de cáustico fundido. Bajo tales condiciones de tiempo y temperatura es deseable que una aleación para chapa sea suficientemente estable, cuando es expuesta a dichas condiciones, para que no aumente aprecia-
5 blemente en dureza y fragilidad. En la siguiente tabla III se dan valores para la dureza, en números Pyramid Vickers, de muestras de la aleación ensayada en el estado (1) mante-
nido a una temperatura de tratamiento con solución de 788°C durante 5 minutos y después enfriada con aire, y en el estado
10 (2) mantenido a 788°C, durante 5 minutos, enfriado con aire y después envejecido durante 5 minutos a 510°C.

TABLA III

	<u>Aleación</u> <u>Nº</u>	<u>Dureza, Nº Vickers</u> <u>tratada con solución</u>	<u>Dureza, Nº Vickers, tratada con</u> <u>solución y después envejecida</u>
15	1	265	395
	3	258	323
	4	290	270
	5	253	252
20	6	233	305
	7	276	245
	8	256	392
	9	312	292
25	10	305	276
	11	317	346
	12	349	408
	13	275	285
	14	281	335
30	15	291	374

327045



TABLA III (Cont.)

	Aleación Nº	Dureza, Nº Vickers tratada con solu- ción	Dureza, Nº Vickers, tratada con solución y después envejecida
5	16	305	408
	17	327	405
	18	311	383
	19	331	416
10	20	324	331
	21	283	301
	22	291	328
15	23	297	299
	24	270	274
	25	301	304
	26	264	353
	27	257	351
20	28	287	344
	29	296	390
	30	332	369
	31	350	369
25	32	278	296
	33	316	350
	34	353	363
	35	428	437
	36	308	393
30	37	428	420

327045



14 55

TABLA III (conti.)

	Aleación Nº	Dureza, Nº Vickers tratada con solu- ción	Dureza, Nº Vickers, tratada con solución y después enve- jecida
5	38	243	347
	39	266	266
	40	296	301
	41	285	294
10	42	285	350
	43	280	321
	44	276	314
	45	285	356
	46	301	393
15	49	262	274
	50	292	335
	51	278	311
	52	264	250
	53	272	387
20	54	278	266
	55	266	266
	56	274	311
	57	276	294
	58	283	353
	59	260	277
	60	274	285
25	61	283	294
	61	283	294
30	61	283	294

327045



TABLA III (Cont.)

	Aleación Nº	Dureza, Nº Vickers tratada con solu- ción	Dureza, Nº Vickers, tratada con solución y después enve- jecida
5	62	272	270
	63	304	294
	64	268	393
10	65	285	347
	66	254	356
	67	241	376
	68	268	321
15	69	278	289
	70	296	372
	71	304	289
	72	270	287
	73	287	283
20	74	292	280
	75	296	330
	76	283	287
	77	292	296
	78	287	294
25			

327045



En lo que concierne a los datos en la precedente
Tabla III, las aleaciones del presente invento muestran un
número de dureza Vickers, en el estado tratado con solución
y enfriado con aire, de aproximadamente 300 o menos, y pre-
feriblemente son suficientemente estables para mantener esta
5 baja dureza después de haber sido envejecidas a 510°C duran-
te 5 minutos. La inspección de la Tabla III revelará que la
composición de la aleación ejerce una profunda influencia
sobre su estabilidad observada. En general, aleaciones que
10 contienen mayores cantidades de molibdeno tienen menos ten-
dencia a endurecerse apreciablemente por envejecimiento de
5 minutos a 510°C. Compárese, por ejemplo, las aleaciones
6 y 34-37 con las aleaciones 5, 13, 52, 54, 57 y 59-62.

Entre las aleaciones arriba enumeradas, algunas
15 que no son útiles o son de utilidad marginal en el estado
tratado con solución y enfriado con aire mostrarán sin duda
una plasticidad y ductilidad deseables, si son sometidas a
temple rápido en agua en vez de ser enfriadas al aire y/o
no mostrarían, si fuesen sometidas a temple rápido en agua,
20 un aumento de dureza tan considerable al envejecer a 510°C
durante 5 minutos como el que se indica anteriormente. Para
facilidad de tratamiento, se prefiere que la aleación sea su-
ficientemente estable para resistir a la vez una refrigera-
ción con aire y un subsiguiente envejecimiento a 510°C duran-
25 te 5 minutos sin aumentar en dureza. Sin embargo se aprecia
no obstante que aleaciones algo menos estables pueden en-
contrar utilización bajo determinadas circunstancias comer-
ciales, particularmente cuando se dispone de equipo para un
temple rápido en agua apropiado.

30 En la siguiente Tabla IV se presentan ensayos

327045

14



sobre las propiedades de configuración en frío de las diversas aleaciones ensayadas. Estos datos son los resultados de ensayos en copa Olsen, conducidos empujando una esfera de 22 mm. de diámetro a una velocidad de aproximadamente 25 mm/minuto a través de una muestra de chapa de la aleación ensayada que tiene un espesor del orden de 0,5 mm. Los datos dados consisten en la lectura de presión de aceite en el sistema hidráulico en el momento en que tuvo lugar el comienzo de la rotura de la muestra, y la altura, en mm, a la que se elevó la mayor parte de la esfera de ensayo, después del comienzo del contacto entre ella y la muestra, antes de que comenzase la rotura observada. Los valores de altura son considerados más indicativos de la capacidad de configuración en frío de la muestra ensayada que los valores de presión. Se dedica atención a la aleación Nº 11, que forma una aleación normalizada indicativa de las propiedades susceptibles de obtener con las aleaciones hasta ahora conocidas. Muestras que tienen un alto valor de 6,25 mm o mayor se considera que tienen una capacidad de configuración en frío considerablemente superior a la de dichas aleaciones conocidas.

327045



TABLA IV

	<u>Aleación Nº</u>	<u>Presión kg/cm²</u>	<u>Altura, mm</u>	
5	1	233,8	7,7	
	3	245,0	6,375	
	4	102,2	4,0	
	5	205,8	5,75	
	6	199,5	5,475	
	10	7	151,2	5,225
8		212,1	6,275	
9		212,8	5,675	
10		227,5	6,175	
11		193,9	4,825	
15	12	140	5,05	
	13	73,5	3,1	
	14	140	4,275	
	15	17,5	2,225	
	20	16	194,6	5,975
		17	227,5	5,55
18		173,6	5,05	
19		195,5	5,025	
20		52,5	2,925	
25	21	154	5,150	
	22	101,5	3,7	
30	23	227,5	5,9	
	24	175	5,525	
	25	248,5	5,925	
	26	227,5	7,0	

327045



TABLA IV

	<u>Aleación Nº</u>	<u>Presión kg/cm²</u>	<u>Altura, mm</u>
	27	206,5	6,550
	28	73,5	3,225
5	29	189	6,6
	30	238	8,2
	31	189	5,55
	32	182	5,275
10	33	122,6	4,075
	34	217	5,525
	35	164,5	4,25
	36	227,5	5,875
15	37	110,6	4,175
	38	181,3	7
	39	200,9	5,8
	40	227,5	6,375
	41	192,5	5,55
20	42	245	6,75
	43	217	5,475
	44	115,5	4,275
	45	136,5	4,475
25	46	133	4,675
	49	236,6	6,225
	50	208,1	5,075
	51	213,5	5,6
30	52	238	6,15
	53	191,8	5,725

327045

TABLA IV (cont.)

	<u>Aleación N°</u>	<u>Presión kg/cm²</u>	<u>Altura mm.</u>
5	54	175	5,275
	55	227,5	7,275
	56	126	4,475
	57	154	5,0
	58	163,8	6,5
10	59	220,5	6,05
	60	235,2	6,0
	61	213,5	5,7
	62	308	8,7
	63	252	6,0
15	64	234,5	6,825
	65	248,5	6,175
	66	213,5	6,3
	67	203	6,725
	68	196	6,475
20	69	290,5	7,325
	70	175	5,025
	71	252	6,075
	72	192,5	5,650
	73	286,3	6,875
25	74	294	6,625
	75	235,2	6,050
	76	270,2	6,375
	77	268,8	6,2
	30		

327045



TABLA IV (Cont.)

	<u>Aleación Nº</u>	<u>Presión kg/cm²</u>	<u>Altura, mm</u>
	78 ^a		
5	123	315	7,05
	124	378	6,125
	125	287	6,75
	126	245	5,875

(a) rotura pronta en la costura, por lo demás dúctil.

10 En los datos precedentes, se dirige la atención a las aleaciones Nº 62, 66 y 67. Estas aleaciones mostraban no solamente buena capacidad de laminación en frío y buena estabilidad por envejecimiento de 5 minutos a 510°C sino también valores en copa Olsen considerablemente mejores que los de la aleación Ti-12Mo-6 Sn hasta ahora conocida (4,825 mm.)

20 Otro ensayo que es útil en el desarrollo de aleaciones con base de titanio para chapas o placas es el ensayo de doblado en bloque en V. Una muestra de chapa es doblada alrededor de un mandril, después en otros de diámetro crecientemente menor hasta que se observa la rotura, y después se determina la proporción entre el diámetro del mandril en el que se observa una rotura incipiente, y el espesor de la muestra de chapa. Pequeños valores de la proporción indican una buena ductilidad. Aleaciones que muestran un valor de 2,5

25 o inferior se considera que tienen una útil ductilidad al doblado por tracción.

327045



TABLA V

	<u>Aleación Nº</u>	<u>Temperatura de tratamien- to con solución, °C.</u>	<u>Relación de doblado T</u>	
5	1	760	1,5	
	3	760	2,5	
	4	760	7,0	
	5	760	5,0	
	6	760	2,5	
	10	7	760	2,7
		8	760	8,0
9		760	3,0	
15	10	760	2,0	
	11	788	2,6	
	12	788	3,2	
	13	788	1,8	
	20	14	788	1,7
15		788	3,5	
16		788	1,2	
17		788	2,1	
18		788	1,5	
19		788	2,6	
25		20	788	2,4
	21	788	1,3	
	22	788	1,3	
	23	788	1,7	
	30	24	788	1,2
25		788	1,4	

327045



TABLA V (Cont.)

	<u>Aleación Nº</u>	<u>Temperatura de tratamien- to con solución, °C</u>	<u>Relación de doblado T</u>
	26	788	1,2
5	27	788	0,9
	28	788	1,3
	29	788	1,3
	30	788	3,0
	31	788	3,0
10	32	788	2,3
	33	788	4,1
	34	788	2,5
	35	788	4,0
15	36	788	1,5
	37	788	10
	38	788	0,8
	39	788	1,5
	40	788	1,3
20	41	788	1,7
	42	788	1,2
	43	788	1,7
	44	788	2,3
25	45	788	1,9
	46	788	2,5
	49	788	1,5
	50	788	1,9
	51	788	1,7
30	52	788	1,6

327045



TABLA V (Cont.)

	<u>Aleación</u> <u>Nº</u>	<u>Temperatura de tratamien-</u> <u>to con solución, °C.</u>	<u>Relación de doblado</u> <u>T</u>
	53	788	1,5
5	54	788	2,7
	55	788	2,1
	56	788	3,3
	57	788	1,8
	58	788	3
10			
	59	788	1,6
	60	788	2,0
	61	788	1,9
	62	788	2,2
15	63	788	1,7
	64	788	0,8
	65	788	1,6
	66	788	1,6
20	67	788	1,1
	68	788	1,6
	69	788	3,0
	70	788	2,0
	71	788	2,4
25	72	788	2,1
	73	788	2,0
	74	788	2,0
	75	788	2,5
	76	788	2,5
30	77	788	2,5



TABLA V (Cont.)

<u>Aleación Nº</u>	<u>Temperatura de tratamiento con solución, °C.</u>	<u>Relación de doblado</u> $\frac{T}{T}$
78	788	2,4
5	123	788
	124	788
	125	788
	126	788
		3,0
		2,7
		1,9
		3,0

10 Se llama de nuevo la atención hacia los favorables resultados obtenidos con las aleaciones núms. 62, 66 y 67.

15 Se condujeron ensayos de tracción en los estados tratados con solución y tratado con solución y envejecido, sobre las aleaciones más prometedoras cuyos datos están dados anteriormente. En cada caso se utilizó un tratamiento con solución que consistía en mantener la muestra a 788°C durante 5 minutos y después enfriarla con aire. En la mayor parte de los casos, el tratamiento de envejecimiento consistía en mantener la muestra a 510°C durante 4 horas. En general, se desea que las aleaciones del invento muestren, en el estado tratado con solución, un límite aparente de elasticidad de 9.800 kg/cm² o inferior, y en el estado tratado con solución y envejecido, un límite aparente de elasticidad de 12.600 kg/cm² (o de 11.900 kg/cm² para las aleaciones exentas de compuesto) o superior. Los datos seguidamente indicados incluyen también los resultados de un examen y clasificación del tipo de rotura observados en la muestra de tracción después de ensayar.

20

25

327045



TABLA VI

	<u>Aleación Nº</u>	<u>Temperatura °C</u>	<u>Tiempo horas</u>	
5	20	Ambiente 510	Cero 4	
	25	Ambiente	Cero	
	27	Ambiente 510	Cero 4	
	28	Ambiente 510	Cero 4	
	29	Ambiente 510	Cero 4	
10	30	Ambiente 510	Cero 4	
	36	Ambiente	Cero	
	39	Ambiente 510	Cero 4	
	40	Ambiente 510	Cero 4	
	46	Ambiente	Cero	
	49	Ambiente 482	Cero 4	
	15	53	Ambiente 510	Cero 4
		54	Ambiente 510	Cero 4
		59	Ambiente 482	Cero 4
		60	Ambiente 510	Cero 4
61		Ambiente 510	Cero 4	
20		62	Ambiente 482	Cero 4
		63	Ambiente	Cero
		65	Ambiente 482	Cero 4
		66	Ambiente	Cero
		69	Ambiente 482	Cero 4
	70	Ambiente	Cero	
	71	Ambiente 482	Cero 4	
	25	72	Ambiente 482	Cero 4
		73	Ambiente 482	Cero 4
		74	Ambiente 482	Cero 4
75		Ambiente 510	Cero 4	
76		Ambiente 482	Cero 4	
30	77	Ambiente 482	Cero 4	

327045



TABLA VI (Cont.)

<u>Aleación N°</u>	<u>Temperatura °C:</u>	<u>Tiempo horas</u>
78	Ambiente	Cero
	455	4
123	Ambiente	Cero
	510	8
124	Ambiente	Cero
	482	8
125	Ambiente	Cero
	510	8
126	Ambiente	Cero
	510	8

327045



	Aleación Nº	Resistencia a la trac- ción kg/cm2	Límite apa- rente de elas- ticidad con 0,2% de defor- mación perma- nente kg/cm2	Alarga- miento en 12,5 mm %	Reducción de área %	Rotura, clase
5	20	11452 14196	10535 13048	6,7 3,3	9,1 7,5	B GM
	25	10143	9751	20,0	40,8	B
	27	7553 13405	7028 11592	31,7 8,0	63,2 27,8	C C
	28	10171 13881	9156 13447	11,7 3,3	18,9 6,9	B GM
10	29	9170 13076	8855 12068	8,0 10,0	47,3 29,3	C A
	30	11102 13937	10878 12908	8,0 8,0	30,6 16,9	C B
	36	10437	9982	16,0	53,4	B
	39	9240 11767	8708 10990	20,0 12,0	62,7 66,0	B B
15	40	9632 12040	9366 11424	26,0 8,0	60,2 23,6	A C
	46	10311	9863	18,0	33,2	C
	49	9436 12516	8841 12082	16,0 8,0	40,0 45,1	B C
	53	9821 13804	8988 12502	16,0 -	34,9 10,7	B GM
20	54	9891 12775	8988 11599	12,0 10,0	33,7 22,5	B A
	59	9450 12845	9128 12460	16,0 4,0	56,5 25,9	C GM
	60	9436 11802	9345 11032	20,0 12,0	44,6 29,2	B A
	61	9835 12320	9366 11424	20,0 12,0	55,5 31,6	A B
25	62	9415 11725	9030 11088	22,0 12,0	61,4 27,7	A B
	63	10269	10066	30,0	50,8	A
	65	9569 13524	9100 13069	14,0 8,0	78,3 19,0	B B

327045



(Continuación)

	Alea- ción Nº	Resistencia a la trac- ción kg/cm ²	Límite aparen- te de elastici- dad con 0,2% de deformación permanente kg/cm ²	Alarga- miento en 12,5 mm %	Reduc- ción de área %	Rotura, clase
5	66	7987	7609	16,0	53,1	C
	69	9597 12509	9212 11606	26,0 10,0	54,8 26,5	A B
	70	10500	9590	14,0	71,7	A
	71	9961 13258	9905 12754	26,0 6,0	51,6 9,6	A C
10	72	9394 11984	9240 11480	22,0 10,0	65,6 34,6	A C
	73	9408 10129	9317 9863	6,0 26,0	11,1 45,6	B B
	74	9716 9758	9688 9842	- 22,0	21,3 38,4	GM A
15	75	10066 13678	9639 12992	20,0 4,0	52,4 18,0	B C
	76	9485 12243	9296 11774	6,0 8,0	56,4 21,5	B C
	77	9744 13181	9534 12733	22,0 8,0	50,7 12,7	A B
	78	9660 12320	9380 11683	22,0 8,0	50,8 25,0	B C
20	123	11844 13090	11375 11907	12,0 12,0	40,6 25,5	C A
	124	11382 14581	10675 13538	14,0 6,0	49,1 16,3	B B
	125	10612 12607	9828 11781	16,0 12,0	52,0 31,0	A B
25	126	10479 13930	9877 13041	16,0 10,0	49,4 31,0	A B

327045



En la anterior tabla, las letras "A", "B", "C" y "GM" en la columna encabezada por "rotura, clase" tienen el siguiente significado: "A" significa una rotura que se verifica en el tercio central de la longitud calibrada; "B" significa una rotura que tiene lugar en una de las partes de la longitud calibrada que está entre $1/3$ y $2/3$ del camino entre el centro de la longitud calibrada y las marcas de calibrado; "C" significa una rotura que tiene lugar entre las marcas de calibrado y $2/3$ del camino entre el centro de la longitud de calibrado y las marcas de calibrado; y "GM" significa una rotura que se verifica en una de las marcas de calibrado.

Se condujeron ensayos adicionales en que se produjeron aleaciones en una escala algo mayor (2,25 kg o 90 kg). Se condujeron ensayos de capacidad de laminación en frío, de dureza Vickers, en copa Olsen, y de ductilidad al doblado, con los resultados indicados en la siguiente tabla VII.

327045



TABLA VII

Aleación	Composición % en peso					Capacidad de laminación en frío	
	Mg	Sn	Zr	Fe	Otros	Ti	
A	12,0	4,0	0	0	0	Resto	VVG
B	12,0	6,0	0	0	0	Resto	VG
C	12,0	8,0	0	0	0	Resto	VG
D	9,0	4,0	4,5	0	0	Resto	VG
E	10,0	4,0	5,0	0	0	Resto	G
F	10,8	4,0	5,4	0	0	Resto	G
G	10,8	2,0	5,4	0	0	Resto	G
H	8,0	4,0	4,0	0	0	Resto	G
I	10,0	5,0	5,0	0	0	Resto	VG
J	10,0	4,0	5,0	0	0	Resto	VG
K	12,0	6,0	6,0	0	0	Resto	VVG
L	10,0	4,0	5,0	2,0	0	Resto	VG

Aleación	Dureza Vickers		Resultados en copa Olsen	
	Tratada con solución (1)	Tratada con solución y envejecida (2)	Presión, kg/cm ²	Altura, mm
A	262	390	ND ⁽³⁾	ND ⁽³⁾
B	260	330	686	6,5
C	258	268	ND ⁽³⁾	ND ⁽³⁾
D	250	392	707	7,875
E	262	342	651	7,175
			665	8,45 ⁽⁴⁾
F	258	382	637	6,725
G	300	410	196	5,875
H	320	418	574	6,0
I	270	365	630	7,025
J	288	365	742	7,375 ⁽⁵⁾

327045



(Continuación)

Dureza Vickers			Resultados en copa Olsen		
Aleación	Tratada con solución(1)	Tratada con solución y envejecida (2)	Presión, kg/cm ²	Altura, mm	
5	K	275	268	504	5,00
	L	311	311	686	8,75
		<p>(1) Tratada con solución a 788°C durante 5 minutos y después enfriada con aire.</p>			
10		<p>(1) Tratada con solución a 788°C durante 5 minutos, enfriada con aire, envejecida a 510°C durante 5 minutos, y después enfriada con aire.</p>			
		<p>(3) No determinado</p>			
		<p>(4) Tratada con solución a 760°C durante 5 minutos y después sometida a temple rápido en agua, en lugar de ser tratada con solución a 788°C durante 5 minutos y después enfriada con aire, como lo fueron las otras muestras.</p>			
15		<p>(5) Tratada con solución a 816°C durante 5 minutos y después sometida a temple rápido en agua.</p>			
20		<p>La aleación J era una masa fundida de 90 Kg y el resto eran masas fundidas de 2,25 kg. Todas las masas fundidas de 2,25 kg fueron fundidas con doble electrodo consumible en vacío. El examen radiográfico de la chapa laminada a partir de las masas fundidas de 2,25 kg reveló la presencia de partículas de aleación maestra de molibdeno no fundidas en pequeñas cantidades.</p>			
25		<p>La aleación J, la masa fundida de 90 kg, estaba esencialmente exenta de segregaciones detectables, excepto en los 50 mm. del fondo del lingote. Esta aleación mostró también una apreciable exención de grietas durante y después del amolado.</p>			
30					



La presente solicitud que corresponde a la presentada en Estados Unidos de América con fecha 24 de Mayo de 1965, bajo el Nº 458.429; 23 de Diciembre de 1.965, Nº 516.115; 21 de Abril de 1966, Nº 544.076; 26 de Abril de 1.966, Nº 545.246, se acoge a los beneficios del Artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

N O T A

10

Los puntos de Invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de la presente solicitud de Patente de Invención, en España, por VEINTE años, son los siguientes:

15

1.- Mejoras introducidas en la producción de aleaciones con base de titanio del tipo beta, que comprenden, en porcentaje en peso 7 a 13% de molibdeno, 2 a 20% de estaño, 1 a 20% de zirconio y 0 a 3,5% de hierro, estando el contenido total en zirconio más hierro en el intervalo de 2 a 20%, estando caracterizadas por una altura de ensayo de en copa Olsen de al menos 6,25 mm.

20

2.- Mejoras según la reivindicación 1 según las cuales una aleación contiene de 1 a 7% de zirconio.

25

3.- Mejoras según las reivindicaciones 1 ó 2 en las que el contenido total en zirconio más hierro está en el intervalo de 2 a 8%.

30

4.- Mejoras según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, según las cuales una aleación contiene al menos 2% de zirconio.

327045



5 5.- Mejoras introducidas en la producción de aleaciones con base de titanio del tipo beta, que comprenden, en porcentaje en peso, 7 a 13% de molibdeno, 1 a 6% de estaño, 1 a 7% de zirconio, y 0 a 3,5% de hierro, estando el contenido total de zirconio más hierro en el intervalo de 2 a 8%, estando caracterizadas por una altura de ensayo en copa Olsen de al menos 6,25 mm.

10 6.- Mejoras introducidas en la producción de aleaciones con base de titanio del tipo beta, que comprenden, en porcentaje en peso, 7 a 13% de molibdeno, 1 a 6% de estaño, 1 a 7% de zirconio y 0 a 3,5% de hierro, estando el contenido total de zirconio más hierro en el intervalo de 2 a 8%, estando caracterizadas por una altura de ensayo en copa Olsen de al menos 6,25 mm.

15 7.- Mejoras según la reivindicación 6, que comprenden, en porcentaje en peso, 9 a 12% de molibdeno, 2 a 5% de estaño, 1 a 4% de zirconio y 1 a 2,5% de hierro.

8.- Mejoras según las reivindicaciones 6 ó 7, según las cuales una aleación contiene al menos 2% de zirconio.

20 9.- Mejoras según la reivindicación 8 en las que la proporción en peso de molibdeno a zirconio es aproximadamente de 2:1.

25 10.- Mejoras según las reivindicaciones 8 ó 9, según las cuales una aleación contiene un elemento adicional estabilizador beta.

11.- Mejoras según la reivindicación 10, según las cuales una aleación contiene hafnio como elemento estabilizador beta.

30 12.- Mejoras según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, según las cuales una aleación contiene cromo en una cantidad hasta de 1% en peso.

327045



13.- Mejoras según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 12 según las cuales una aleación contiene aluminio en una cantidad hasta de 3% en peso.

5 14.- Mejoras según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 13 según las cuales una aleación contiene, en porcentaje en peso, menos de 0,1% de silicio, menos de 3% de aluminio, menos de 0,15% de carbono, menos de 0,15% de boro, menos de 0,07% de nitrógeno, menos de 4% de cobre, menos de 3% de oxígeno y hasta un total de 7% de al menos uno de los elementos hafnio, cromo, vanadio, manganeso, níquel y cobalto, siendo
10 el resto titanio.

15 15.- Mejoras introducidas en la producción de aleaciones con base de titanio que consisten, en porcentaje en peso, en 10% de molibdeno, 5% de zirconio, 4% de estaño y 2% de hierro, siendo el resto titanio.

16.- Mejoras introducidas en la producción de aleaciones con base de titanio que consisten, en porcentaje en peso, en 9% de molibdeno, 5% de zirconio, 4% de estaño, 2% de hierro y 1% de cromo, siendo el resto titanio.

20 17.- Mejoras introducidas en la producción de aleaciones con base de titanio endurecidas por envejecimiento tratadas térmicamente que consisten, en porcentaje en peso, en 9 a 12% de molibdeno, 2 a 5% de estaño, 2 a 4% de zirconio, 1 a 2,5% de hierro, menos de 0,1% de silicio y hasta 0,2%
25 en total de carbono, oxígeno y nitrógeno, siendo el resto titanio.

30 18.- Mejoras introducidas en la producción de aleaciones con base de titanio del tipo beta que comprenden, en porcentaje en peso, 7 a 13% de molibdeno, 1 a 6% de estaño y 1 a 7% de zirconio, estando caracterizadas por una altura

327045



de ensayo en copa Olsen de al menos 6,25 mm y por la ausencia sustancial de elementos adicionales formadores de compuestos intersticiales y eutéctoides.

5 19.- Mejoras según la reivindicación 18, según las cuales una aleación comprende, en porcentaje en peso, 9 a 12% de molibdeno, 2 a 5% de estaño y 1 a 6% de zirconio.

20.- Mejoras según la reivindicación 18 o 19 según las cuales una aleación contiene al menos 2% de zirconio.

10 21.- Mejoras según la reivindicación 18 ó 19 en las que la proporción en peso de molibdeno a zirconio es de aproximadamente 2:1.

15 22.- Mejoras según una cualquiera de las reivindicaciones 18, 19 ó 21 que incluye, en porcentaje en peso, hasta 10% en total de al menos uno de los elementos hafnio, vanadio, columbio o tántalo, pero no más de 5% de uno cualquiera de los elementos hafnio, columbio o tántalo.

20 23.- Mejoras según una cualquiera de las reivindicaciones 18, 19, 21 ó 22, según las cuales una aleación contiene, en porcentaje en peso, menos de 0,1% de silicio, menos de 0,15% de carbono, menos de 0,15% de boro, menos de 0,07% de nitrógeno y menos de 0,3% de oxígeno.

25 24.- Mejoras introducidas en la producción de aleaciones con base de titanio del tipo beta que consisten, en porcentaje en peso, en 10% de molibdeno, 5% de zirconio y 4% de estaño, siendo el resto titanio.

30 25.- Un método de fabricar una aleación con base de titanio según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 24, que comprende mezclar partículas de esponja de titanio con partículas de una aleación maestra de molibdeno con zirconio y/o hierro, teniendo la aleación maestra un punto de fusión menor que el del molibdeno, siendo la composición de la alea-

327045



5 ción maestra y las proporciones de la aleación maestra y de la esponja de titanio tales que producen la composición de la aleación con base de titanio, densificar la mezcla y después fundir la masa densificada para producir la aleación con base de titanio.

26.- Mejoras introducidas en la producción de aleaciones con base de titanio del tipo beta.

Tal y como se ha descrito en la memoria que antecede y para los fines que se han especificado.

10 La presente memoria consta de cuarenta y dos hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 14 JUN 1966

P.A.

Alberto de Elizaburu
Por Polan