

MINISTERIO DE INDUSTRIA  
REGISTRO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL



ESPAÑA

19	ES	11	NUM.	445096	10	AI
		21				
		22	FECHA DE PRESENTACION	12 Febrero 1.976		

PATENTE DE INVENCION

Dkt-17MG-2154

30 PRIORIDADES:		
31 NUMERO	32 FECHA	33 PAIS
552.515	24 Febrero 1975	Estados Unidos
47 FECHA DE PUBLICIDAD	51 CLASIFICACION INTERNACIONAL	62 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	C22C // B63H	
54 TITULO DE LA INVENCION		
"PROCEDIMIENTO PARA LA FABRICACION POR FORJADO DE ALETAS DE TURBINA COMPUESTAS DE UNA ALEACION".		
71 SOLICITANTE (S)		
GENERAL ELECTRIC COMPANY		
DOMICILIO DEL SOLICITANTE		
SCHENECTADY 12305, N.Y. (EE.UU.), River Road, 1		
72 INVENTOR (ES)		
Mr. Richard Thomas Biciocchi y Mr. Albert Samuel Melilli		
73 TITULAR (ES)		
Mr. Richard Thomas Biciocchi y Mr. Albert Samuel Melilli		
74 REPRESENTANTE		
Don Pedro Feliu Mañá		

MEMORIA DESCRIPTIVA

Las aleaciones de acero inoxidable conteniendo 13% de cromo son conocidas. Un artículo de la Georg Fischer-Aktiengesellschaft Shaffhausen (Suiza) y preparado para publicación en la Revue de la Metallurgie, Julio/Agosto, 1966, se refiere a un acero fundido de 13% de cromo de alta resistencia, de soldabilidad mejorada. El autor discute la modificación del clásico acero de 13% de cromo para mejorar su soldabilidad. Su composición de aleación contiene.

10	C	0.04-0.06%
	Cr	12-13%
	Ni	3.5-3.9%
	Mo	0.5%

El autor concluye que la siguiente composición de acero fundido presenta innegables ventajas en comparación con el clásico acero de 13% de cromo:

	C	(max.) 0,06%
	Cr	12.5%
	Ni	3.8%
20	Mo	0.5%

Otro artículo es el publicado por Esco Corp. de Portland, Oregón. El artículo está titulado Alloy Notebook, nº 13, y contiene -

	C	0.08% max.
25	Mn	1.50% max.
	Si	1.50% max.
	Cr	11-14%
	Ni	3.0-4.5%
	Mo	1.00% max.
30	Fe	Resto

Sin embargo, la aleación específica, que aparentemente usa la casa Esco, contiene 13% de cromo y 4% de níquel, y es conocida como Aleación 13-4.

5 También se hace referencia a las patentes de EE.UU. núm. 3.378.367 de Lars Eije Friis y otros, y 3.385.740 de Baggatrom y otros. Estas patentes describen aleaciones de acero conteniendo 11-14% de cromo y 4-8% de níquel. La patente 3.378.367, sin embargo, se refiere a acero, que es de estructura martensítica, pero contiene austenita dispersa. La patente de EE.UU. 3.385.740 describe un acero austenítico-martensítico.

10 Es conocida otra aleación que contiene 11,25-13% de cromo, 0,06 a 0,15% de C y 0,20% de molibdeno. Sin embargo, la aleación contiene solamente 0,50% de níquel (max.). Tales aleaciones son esencialmente las mismas que el acero inoxidable AISI 410.

15 La técnica anterior indica que el contenido de cromo puede rebajarse algo, véase el artículo por Georg Fischer, si el contenido de carbono es bajo. Si estuviera presente silicio, el mismo debe ser limitado para impedir la formación de ferrita. Si se incrementa el contenido del níquel, se obtiene una microestructura martensítica.

20 Inesperadamente, los solicitantes han descubierto una aleación teniendo cantidades críticas de carbono, cromo y níquel, que da por resultado más alta resistencia y elevada tenacidad que aquellas de la técnica anterior y que es altamente adaptable para fabricar piezas forjadas de acero inoxidable y aletas para turbinas.

25 Por lo tanto, es un objeto del presente invento procurar una aleación de acero inoxidable de más alta resistencia y tenacidad incrementada teniendo cantidades críticas de carbono, cromo y níquel.

30 También es un objeto del presente invento procurar una alea-

ción para piezas forjadas y aletas de turbinas teniendo una estructura martensítica y estando libre de ferrita.

Dicho brevemente, el presente invento se relaciona con una aleación teniendo la siguiente composición:

5	Carbono	0,05 - 0,07
	Manganeso	0,70 - 1,00
	Silicio	0,30 - 0,50
	Fósforo max.	0,020
	Azufre max.	0,020
10	Niquel	3,50 - 4,25
	Cromo	11,20 - 12,25
	Molibdeno	0,30 - 0,50
	Estaño	0,03 max.
	Aluminio	0,03 max.
15	Vanadio	0,03 max.
	Hierro	Resto

Una ejecución preferida de la aleación debe contener 12% de cromo, 4% de niquel y 0,05% de carbono. Esta aleación será identificada a continuación como B50AH7 y formará una base para los ensayos, a los que se hará referencia a continuación. El contenido de cromo puede ser disminuido y pueden elevarse los contenidos de carbono y niquel, dentro de los alcances especificados. Por ejemplo, el contenido de cromo puede ser de 11,2%, carbono 0,07% y niquel 4,25%.

A partir del material de forja de acero inoxidable se forjaron paletas para turbinas y se produjeron por el procedimiento de forja en troquel cerrado. Los objetos forjados fueron sometidos a un enfriamiento austenitizado y a tratamiento de temple por calor que comprendió el calentamiento a una temperatura de 1.750° ± 25° F y se mantuvo a aquella temperatura durante un mi

nimo de 2 horas ó 45 minutos por pulgada. Los objetos forjados entonces fueron enfriados en aceite hasta que la temperatura de la superficie estuvo por debajo de 212°F y después se templaron a una temperatura de 1.025°F ± 25°F durante un tiempo mínimo de temple de 2 horas. Esto estuvo seguido de refrigeración por aire a temperatura ambiente. El enderezamiento de artículos forjados se permite a condición de que la operación de enderezamiento vaya seguida de un tratamiento aliviador de sollicitación. Se consigue el alivio de sollicitación calentando uniformemente a 950° ± 2°F y manteniendo a aquella temperatura durante un mínimo de 6 horas. Los objetos forjados entonces se refrigeran al aire a temperatura ambiente. Pueden existir variaciones en la relación de tiempo y temperatura, tal como se ilustra en la Tabla II, lotes A y B, según se indica más abajo.

Los resultados de los diversos ensayos realizados sobre productos forjados preparados a partir de la aleación B50AH7 se muestran en las siguientes tablas.

El tratamiento térmico, dado al material antes de la mecanización en muestras de ensayo, se ilustra en la Tabla I. El lote A siguió el tratamiento térmico y dió por resultado las siguientes propiedades mecánicas: 145 ksi de resistencia tensil, 131,4 ksi 0,2% de resistencia de elasticidad, 113,3 ksi 0,02% de resistencia de elasticidad, 69,3% RA (RA = reducción de área), 18,5% de alargamiento (2 pulgadas). Se obtuvieron del lote A muestras de rotura de sollicitación, esfuerzo tensil, erosión y fatiga. Las muestras de corrosión de sollicitación y diagrama de Goodman fueron tratadas térmicamente de acuerdo con la aleación mostrada como lote B en esta tabla. La dureza del material así tratado fué R<sub>c</sub> 31 que es aproximadamente 144 ksi de resistencia tensil.

TABLA I

Tratamiento térmico de B50AH7

5	Lote A:	Enfriamiento por aceite para austenitizar	1.750°F	2 horas
		Temple por enfriamiento de aire	1.000°F	3 horas
		Temple por enfriamiento de aire	1.050°F	5 horas
10	Lote B:	Enfriamiento por aceite para austenitizar	1.750°F	2 horas
		Temple por enfriamiento por ventilador	1.025°F	2 horas

Las propiedades de rotura de sollicitación lisa de B50AH7 se presentan en la Tabla II.

TABLA II

Rotura de sollicitación lisa de B50AH7

15	<u>Sollicitación,**</u> <u>ksi</u>	<u>Temp.</u> <u>°F.</u>	<u>Tiempo,</u> <u>hrs.</u>	<u>P*,</u> <u>x10<sup>-3</sup></u>	<u>El,</u> <u>%</u>	<u>R.A.,</u> <u>%</u>
	60	850	915.6	36.62	13	76
	40	950	90.2	38.00	17	79
	35	950	171.3	38.39	21	84
20	27	975	208.0	39.19	30	90
	20	1000	579.0	40.52	33	89

\*P - Parámetro de Larson - Miller = (°F + 459,6) (25 + log t)

\*\*Lab serie No 970.

25 Los resultados de los ensayos tensiles a temperatura elevada se presentan en la Tabla III. Se observa que las propiedades de resistencia disminuyeron gradualmente con temperatura creciente hasta 800°F, por encima de la cual disminuyeron más marcadamente las resistencias tensil y elástica. La ductilidad y el módulo de Young entre 70°F y 1.000°F también se ilustran.

30

TABLA III

Propiedades tensiles de temperatura elevada de B50AH7

	Temperatura de ensayo, °F	<u>75</u>	<u>400</u>	<u>600</u>	<u>800</u>	<u>1000</u>
	T.S., ksi	136.0	125.7	119.0	109.0	84.5
5	2% Y.S., ksi	125.7	118.0	109.5	101.5	76.0
	02% Y.S., ksi	110.8	106.5	101.7	82.0	51.0
	Alargamiento, %	21.0	18.5	17.0	17.0	22.0
	R.A., %	73.3	69.7	69.3	71.9	79.3
10	Módulo de Young, libras por pulgada cuadrada x 10 <sup>6</sup>	29.6	29.4	27.9	26.1	24.0

Los resultados de los ensayos de erosión de cavitación de una duración de 100 horas, se presentan en la tabla IV.

TABLA IV

Erosión de cavitación

	<u>Muestra</u>	<u>Tiempo de exposición, horas</u>	<u>Pérdida de peso, gramos</u>
15	B50AH7	2	.006
	R <sub>c</sub> 32	5	.024
		11	.058
		19	.098
		40	.154
20		64	.189
		89	.216
		100	.229

El límite estimado de resistencia con una sollicitación media de 70 ksi (aproximadamente la mitad de la resistencia tensil) fue un máximo de ± 78 ksi. Los resultados de ensayos individuales de barra se ilustran en la tabla V. Este punto de dato del diagrama de Goodman sugiere que la aleación B500AH7 tiene alta resistencia al agrietamiento de fatiga aún con una sollicitación tensil media de casi la mitad de la resistencia tensil.

El punto del diagrama de Goodman fue determinado aplicando una carga tensil estática a muestras cilíndricas y girando des-

pués cada muestra con una carga final dando una sollicitación alter-  
nativa preseleccionada en la superficie longitudinal de la pieza  
de muestra. Suponiendo una conducta elástica, la máxima sollicita-  
ción en la superficie exterior, es la suma de la sollicitación ten-  
5 sil estática más la sollicitación alternativa. Sin embargo, cuando  
esta suma es mayor que la sollicitación de elasticidad, tal como  
en el presente caso, la superficie se deforma plásticamente durante  
el ciclo inicial. Esto da por resultado una sollicitación compresiva  
residual sobre la superficie exterior y la sollicitación máxima  
10 efectiva en la superficie se reduce desde la sollicitación calcula-  
da por el importe de la sollicitación residual.

TABLA V

Datos del diagrama de Goodman para B50AH7

Sollicitación tensil media = 70 ksi

15	<u>Muestra</u>	<u>Sollicitación alter- nativa, + ksi</u>	<u>Rotura o agotamiento</u>	<u>Ciclos <math>\times 10^{-6}</math></u>
	G1	47	0	15.2
	G2*	57	0	17.9
	G2*	77	0	10.2
	G2*	97	X	.116
20	G3	90	X	.128
	G4	81	X	.145
	G5	77	0	10.4
	G6	79	X	.181

\*La muestra G2 fue cargada escalonadamente.

25 La Tabla VI presenta los resultados de una determinación de  
límite de resistencia a la fatiga de caja de escalera a 800° F. Se  
encontró que el límite de resistencia media fue de  $\pm 63,3$  ksi que  
representa solo alrededor de una disminución de 20% en resistencia  
a la fatiga respecto a aquella a temperatura ambiente. La propor-  
30 ción de resistencia de fatiga-a-tensil de 800°F se determinó como

siendo de 0,57. En el material convencional de aleta la resistencia a la fatiga es 32% menos que la mostrada en la Tabla VI.

TABLA VI

800°F. Límite de resistencia a la fatiga de B50AH7

	Muestra	Esfuerzo alternativo, ksi	Rotura o Agotamiento	Ciclos, X 10 <sup>-6</sup>
5	H 10	60	0	10.28
	H 10*	65	X	9.76
	H 11	60	0	10.59
10	H 12	65	0	37.93
	H 13	70	X	.334
	H 14	65	X	.632
	H 15	60	X	.131

\* La muestra H 10 fue cargada escalonadamente.

15 La paleta ZY654, por ejemplo, en la Tabla VII, fue recibida en condición apropiadamente templada y aliviada de sollicitación. Fue cortada en trozos de Charpy y se le dió un tratamiento de fragilidad a 870°F durante 6 horas. Entonces se mecanizaron barras de impacto y se ensayaron para determinar la susceptibilidad de B500AH7 apropiadamente aliviado de sollicitación, a sub-  
20 siguiente fragilidad. Porciones de paleta ZY654 fueron reaustenizadas y templadas. Trozos de Charpy fueron mecanizados y recalentados a 875°F durante 6 horas, enfriándose en el horno a 650°F después enfriándose al aire para hacer frágil el material. Si-  
25 guió un tratamiento de desfragilización de 1.000°F durante 2 horas por enfriamiento de ventilador dándose a algunos de los B500AH7 hechos frágiles y se midió el efecto del tratamiento con ensayos de impacto de Charpy a temperatura ambiente.

30 La paleta ZY2715, por ejemplo, fue recortada para procurar barras tensiles de un diámetro de 0,500 pulgadas de calibre a partir de la porción del centro de la paleta y la porción de cola

de milano. El ensayo se realizó a temperatura ambiente. Se obtuvieron 4 barras de muesca en V de Charpy del centro de la paleta y 4 de la cola de milano. Las muestras fueron orientadas axialmente con el eje de la muesca perpendicular al plano de forja. Se determinaron la energía de impacto a temperatura ambiente y 50% FATT (FATT = temperatura de transición de apariencia fibrosa).

Las propiedades tensiles del centro de la paleta y cola de milano, se ilustran en la Tabla VII. La resistencia tensil (137,5 ksi) y la resistencia elástica 0,2% (128 ksi) son idénticas, tanto en la paleta, como en la cola de milano, mientras que la resistencia elástica de 0,02 % de la paleta, 11,8 ksi es algo inferior a la cola de milano, 115,5 ksi. La ductilidad de la cola de milano fue ligeramente mayor que la paleta, como se ilustra en la tabla. Las propiedades tensiles de ambas secciones excedieron de los mínimos de la especificación B50AH7.

TABLA VII

Propiedades Mecánicas de Aletas de Producción de B50AH7

Informes de vendedor	Resistencia Tensil	.02% Y.S., ksi	.2% Y.S., ksi	El (2") %	R.A. %	R.T. Energía de impacto ft-lbs
Zy 2602 (Muestras)	138.4	116.8		20	70	93
ZY 2654 "	141.9	118.4		20	69	92
Zy 2706 "	141.4	121.2		20	69	95
Promedio	140.6	118.8		20	69	93
<u>M&amp;P Laboratorio</u>						
ZY 2715 Cola de Milano (Muestras)	137.5	115.5	128.0	20	67	>117
ZY 2715 Paleta (Muestras)	137.5	111.8	128.0	19	63	77
B50AH7 Especificación (Muestras)	130-155	100-125		15min	60 min	60 min ...

Los resultados de las determinaciones FTT de las posiciones del

centro de la paleta y cola de milano, se indican en la Tabla VIII. La energía de impacto a temperatura ambiente de la cola de milano, fue mayor que en la paleta y ambas estuvieron por encima del mínimo de la especificación. El FATT de la paleta, 8°F, está aproximadamente a 34°F por encima de aquella de la cola de milano.

TABLA VIII

Impacto de muesca-V de Charpy de B50AH7

Posición	Temperatura de ensayo	Energía absor <b>u</b> bida	Fibrosidad	50% FATT
	°F	ft-lbs	%	°F
10 Centro paleta	-20	22	21	+ 8
	0	40	53	
	25	34	56	
	70	77	100	
15 Cola de milano	-40	30	31	-26
	-20	72	67	
	0	77	77	
	70	>117	100	

Los límites de resistencia a la fatiga longitudinal de la paleta y cola de milano, se encontraron siendo  $\pm 73,5$  ksi y  $\pm 77,5$  ksi respectivamente. En la tabla IX se ilustran resultados de ensayos individuales. La proporción de resistencia de fatiga a tensil, para ambas partes de la pieza forjada, estuvieron por encima del valor usualmente supuesto de 0,5, siendo 0,53 en la paleta y 0,56 en la cola de milano.

TABLA IX

Límite de resistencia a la fatiga a temperatura ambiente de B50AH7.

	Cola de Milano			Paleta		
	Solicitación alternativa, ksi	Rotura o agotamiento*	Ciclos, X10 <sup>-6</sup>	Solicitación alternativa, ksi	Rotura o agotamiento*	Ciclos X10 <sup>-6</sup>
5	70	0	10.09	70	0	10.08
	75	0	10.17	75	X	1.61
	80	X	.30	70	0	10.38
	75	X	.88	75	0	10.01
10	70	0	10.38	80	X	.42
	75	0	34.21	75	X	.77
	80	X	1.10	70	0	11.27
	75	X	1.07	75	X	.22
	70	0	20.63	70	0	20.83
15	75	0	31.88	75	X	.66
	80	X	1.82			
	75	0	10.27			
	80	0	10.02			
	85	0	10.08			
20	90	X	.24			
	85	X	1.09			

Límite de resistencia = ± 77.5 ksi

Límite de resistencia = ± 73.5 ksi

\*Rotura - X

Agotamiento - 0

25 Los resultados de los ensayos de impacto de muesca en V de Charpy a temperatura ambiente, de B50AH7 hecho frágil, se indican en la Tabla X. Algunos de los datos en la Tabla X están registrados como tiempo de sostenimiento cero. Estas fueron muestras que se calentaron en los límites 59F de la temperatura de fragilidad registrada y después se enfriaron.

30

TABLA X

Efecto de las condiciones de alivio de sollicitación sobre las propiedades de Charpy de B50AH7.

	Temperatura °F	Tiempo sosten horas	Muestra No.	Energía de impacto ft-lbs	Fibrosidad %	Dureza Rc
5	600	6	4U	49*	55	29.1
	650	6	4T	57*	63	30.0
	700	6	4S	51*	59	30.6
	750	6	4R	53*	56	31.0
	800	0	9A	82	72	29.4
	800	.2	9B	103	98	30.0
	800	.5	9C	68	70	29.1
	800	1.8	9D	52*	56	30.5
	800	6	3E1	32*	39	29.7
	800	6	3E2	32*	44	29.9
10	800	17	9E	35*	31	30.1
	825	6	3D1	54*	53	30.5
	825	6	3D2	30*	40	30.8
	850	6	3C1	35*	40	30.2
	850	6	3C2	33*	40	29.9
	875	0	4R1	102	100	30.0
	875	0	4R2	96	100	29.5
	875	0	4A1	102	100	30.0
	875	0	4A2	109	100	29.3
	875	0	9A	72	78	20.7
15	875	.2	9B	69	76	30.7
	875	.5	9C	68	77	30.0
	875	1.7	9D	40*	53	30.4
	875	6	3F3	34*	45	30.1
	875	6	3F4	34*	35	30.6
	875	17	9E	32*	40	30.4
	900	6	3B1	37*	40	29.8
	900	6	3B2	33*	35	30.0
	910	6	3W	53*	53	30.2
	920	6	3X	35*	44	29.3
20	925	0	4A	83	81	30.1
	925	.2	4B	55*	62	30.1
	925	.5	4C	52*	59	30.1
	925	1.7	4D	39*	48	30.4
	925	6	4F	45*	56	29.2
	925	17	4E	89	81	29.9
	930	6	3Y	53*	61	31.5
	940	6	3Z	73	78	30.3
	950	6	3A1	65	91	29.5
	950	6	3A2	79	81	29.9
25	975	1.5	9M	55*	72	29.9
	975	6	9N	59*	75	29.5
	875	6(1)	3S1	22*	26	30.7
	875	6(1)	3S2	24*	21	30.4
	875	6(2)	4S1	40*	52	30.8
	875	6(2)	4S2	51*	53	29.8
	1000	2(3)	4T1	101	99	29.5
	1000	2(3)	4T2	99	100	29.1
	1000	3(3)	4C1	109	100	29
	1000	3(3)	4C2	95	100	28

30 (1) Horno enfriado a R.T.

- (2) Horno enfriado a 600°F después refrigerado por aire  
(3) Tratamiento (2) seguido por tratamiento desfragilizador a 1000°F.

5 \* Por debajo de la especificación mínima de B50AH7 de 60 pies por libra.

N O T A

EN RESUMEN: la presente Patente de Invención que por veinte años se solicita para España, ha de recaer sobre las siguientes reivindicaciones

10 1ª.- Procedimiento para la fabricación por forjado de aletas de turbina compuestas de una aleación, caracterizado porque comprende el tratamiento por calor de las aletas forjadas para dar, como rendimiento, niveles de resistencia, que excedan de 7.031 atmósferas y propiedades de absorción de energía de impacto en ex-  
15 ceso de 8,298 kilográmetros, según se mide en el ensayo de impacto de muesca en V de Charpy.

2ª.- Procedimiento según la reivindicación 1ª, caracterizado porque las aletas de turbina consisten en una aleación que tiene una estructura martensítica y que está totalmente libre de ferri-  
20 ta, consistiendo la aleación esencialmente en carbono: 0,05 - 0,07; manganeso: 0,70 - 1,00; fósforo: 0,020 máximo; azufre: 0,020 máximo; silicio: 0,30 - 0,50; níquel: 3,50 - 4,25; cromo: 11,20 - 12,25; molibdeno: 0,30 - 0,50; aluminio: 0,03 máximo; vanadio: 0,03 máximo; estaño: 0,03 máximo; hierro: resto.

25 3ª.- Procedimiento según la reivindicación 2ª, caracterizado porque el contenido de cromo es de 12%, de níquel 4% y de carbono 0,05%, en la aleación.

30 4ª.- Procedimiento según la reivindicación 2ª, caracterizado porque el contenido de cromo es de 11,2%, de carbono 0,07% y de níquel 4,25% en la aleación.

5ª.- Procedimiento según la reivindicación 3ª, caracterizado porque la resistencia de flexión del producto excede de 7.031 atmósferas y la resistencia tensil excede de 9.140,3 atmósferas.

6ª.- Por último se reivindica como objeto sobre el que ha de recaer la presente Patente de Invención que por veinte años se solicita registrar para España, - - - - -

p o r

" PROCEDIMIENTO PARA LA FABRICACION POR FORJADO DE ALETAS DE TURBINA COMPUESTAS DE UNA ALEACION "

10 Todo conforme queda expresado en la presente Memoria Descriptiva que consta de quince hojas foliadas y escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 12 FEB. 1976  
P.A.,  
PEDRO FELIU MAÑA  
P. P.

