



326889

MEMORIA DESCRIPTIVA

que se presenta para unir a la solicitud

d e

P A T E N T E D E I N V E N C I O N

formulada el 18 de mayo de 1966, con el nº 326.889

e n

E S P A Ñ A

por VEINTE años

a nombre de INTERNATIONAL NICKEL LIMITED, entidad británica, establecida en Thames House, Millbank, Londres, Inglaterra.

por: " MEJORAS EN LA PRODUCCION DE ACERO "

-----

Durante muchos años, los aceros más resistentes disponibles en el mercado eran aceros de baja aleación en los que se desarrolló la alta resistencia por enfriamiento rápido y templado. Recientemente, acerca de baja aleación han sido hechos muy resistentes por la técnica denominada de configuración austenítica en que un acero es trabajado plásticamente en el estado austenítico en un margen estrecho y crítico de temperaturas para producir una deformación de al menos 70%. Estos aceros presentan la ventaja de mayor tenacidad que los aceros enfriados o templados rápidamente y

326889



27

reventados de baja aleación, pero en común con los aceros de baja aleación, requieren enfriamiento rápido y revenido con las desventajas que acompañan al enfriamiento rápido, y además el trabajado muy sustancial necesario es caro y desventajoso.

Los aceros también desarrollados recientemente y conocidos como aceros de "envejecimiento martensítico" poseen ventajas muy considerables por el hecho de que pueden ser endurecidos en el estado martensítico sin necesidad de enfriar rápidamente o de una extensa deformación plástica. Entre estos aceros de envejecimiento martensítico, los más extensamente usados hasta ahora son los aceros de níquel-cobalto-molibdeno descritos y reivindicados en la patente española 273.346 y que contienen de 10 a 23% de níquel, de 1 a 10% de molibdeno y de 2 a 30% de cobalto, siendo el producto de los contenidos de cobalto y molibdeno de 10 a 100. Estos aceros tienen una carga de rotura por tracción hasta de  $210 \text{ kg/mm}^2$  y su límite aparente de elasticidad, que es el factor más tenido en cuenta por los diseñadores de estructuras de acero, en lo que concierne a la resistencia, es generalmente de  $140 \text{ kg/mm}^2$  a  $200 \text{ kg/mm}^2$ , aunque en uno de los aceros específicamente descritos en la patente antes citada se desarrolló un límite aparente de elasticidad por encima de  $210 \text{ kg/mm}^2$ . Esta resistencia ha sido considerada hasta ahora como el máximo susceptible de lograrse en aceros de envejecimiento martensítico con una ductilidad razonable (medida por alargamiento por tracción).

La gran ventaja de una resistencia aumentada es desde luego la aptitud para reducir el peso de una

326889



estructura de acero que debe ser de una resistencia específica, es decir que los aceros permiten que la estructura tenga una proporción muy alta de resistencia a peso.

Desde luego es también extremadamente deseable que el acero sea tenaz, una propiedad que faltaba frecuentemente en los anteriores aceros de baja aleación con alta resistencia.

En numerosos aceros dados a título de ejemplo en la patente antes citada, el contenido en molibdeno era nominalmente de 5%, aunque se dan ejemplos con contenidos en molibdeno de 8,3% y 9,9%. Sin embargo, se muestra que si el producto de los contenidos en molibdeno y cobalto sobrepasa aproximadamente 60, se produce un descenso o caída de dureza y resistencia. Otro ejemplo con un contenido nominal en molibdeno de 7% tenía un límite aparente de elasticidad de  $220 \text{ kg/mm}^2$ . El alargamiento de este acero era, sin embargo, de solamente 4%. El presente invento está basado en el sorprendente descubrimiento de que si el contenido en molibdeno es al menos tan alto como 7% y preferiblemente superior, y los contenidos en cobalto y níquel son ajustados simultáneamente de forma apropiada, se pueden desarrollar límites aparentes de elasticidad apreciablemente altos en el acero, por envejecimiento en el estado martensítico.

Los aceros de acuerdo con el invento contienen de 5 a 16,5% de níquel, de 7 a 16% de molibdeno y de 6 a 30% de cobalto, siendo la suma de los contenidos en molibdeno y cobalto al menos de 20% cuando el contenido en molibdeno es menor de 11%. Sin embargo, se prefiere que la suma de los contenidos en molibdeno y cobalto sea siempre al me

32688927



nos de 20% y preferiblemente al menos de 22%. Los aceros contienen también preferiblemente titanio o aluminio o ambos, en cantidades que no pasan de 2,5% de cada uno y de 3% en total. Los aceros contienen también carbono, pero el contenido en carbono no deberá pasar de 1% y es preferiblemente mucho menor.

El molibdeno puede ser reemplazado parcialmente por tungsteno, reemplazando 2 partes en peso de tungsteno a una parte en peso de molibdeno, hasta un contenido máximo en tungsteno de 8%. Aunque el tungsteno puede ser así utilizado para reemplazar el molibdeno, se prefiere que el contenido en tungsteno no pase de 6% y que más preferiblemente no pase de 4%, particularmente ya que el molibdeno, en contraste con el tungsteno, conduce a una mejorada capacidad de trabajado en caliente y también comunica ductilidad.

Los aceros contienen comunmente silicio y manganeso en cantidades que no pasan de 0,5% de cada uno y pueden contener también de 0 a 2% de niobio, de 0 a 4% de tántalo, de 0 a 0,1% de boro, de 0 a 0,25% de zirconio, de 0 a 8% de cromo, de 0 a 2% de vanadio, de 0 a 0,1% de calcio, de 0 a 1% de berilio y de 0 a 4% de cobre, pero la suma de los elementos silicio, manganeso, niobio, tántalo, boro, zirconio, cromo, vanadio, calcio, berilio y cobre no debe pasar de 10%.

Cuando una buena ductilidad es de importancia especial, el manganeso y el silicio no deberán estar presentes en cantidades por encima de 0,25% de cada, y no deberán estar preferiblemente por encima de 0,15% de cada. Preferiblemente la suma de los contenidos en silicio y manganeso to



mada con la de los elementos niobio, tántalo, boro, zirconio, cromo, vanadio, calcio, berilio y cobre no excede de 6%, no excediendo los contenidos máximos individuales de los últimos elementos de 1% de niobio, 2% de tántalo, 0,01%  
5 de boro, 0,1% de zirconio, 4% de cromo, 1% de vanadio.  
0,05% de calcio, 0,1% de berilio y 1% de cobre.

El resto del acero, excepto las impurezas, es hierro. Las impurezas incluyen pequeñas cantidades de elementos desoxidantes y de limpieza y de elementos tales  
10 como azufre, fósforo, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, cuyas cantidades deberán ser mantenidas todo lo bajas que sea prácticamente posible.

Es esencial que los aceros estén en el estado martensítico o sustancialmente en el estado martensítico  
15 co antes de envejecer. Es deseable que los aceros se transformen sustancialmente en el estado martensítico al enfriar después del trabajado en caliente o calentamiento en solución sin tener que ser trabajados en frio o refrigerados.

El molibdeno y el cobalto confieren resistencia y dureza. El molibdeno es un agente para dar resistencia y dureza más eficaz que el cobalto y por esto cuando  
20 está presente, al menos 11% de molibdeno el contenido total en molibdeno y cobalto puede ser menor de 20%, y el contenido en cobalto puede ser tan bajo como 6%. Sin embargo, se prefiere que esté presente al menos 8% de cobalto.  
25 El molibdeno comunica también buena capacidad para el forjado y ductilidad con altas resistencias. Según aumenta el contenido total en molibdeno y cobalto, lo hacen la dureza y la resistencia del acero, pero la ductilidad tiende a disminuir.  
30

326889



El elemento níquel es necesario para lograr la ductilidad, tenacidad y una estructura martensítica de seada al enfriar a partir del trabajado en caliente o calentamiento en solución, y debe estar presente dentro del márgen de 5 a 16,5%. Los aceros son austeníticos a alta temperatura y experimentan transformación a un estado martensítico durante el enfriamiento. Sin embargo, con cantidades excesivas de níquel, puede aparecer austenita retenida en cantidades indeseables y hay peligro de una reversión excesiva a la austenita por envejecimiento. Por esta razón, el contenido en níquel de los aceros de acuerdo con el invento debe ser en general menor que el de los anteriores aceros de envejecimiento martensítico de Ni-Co-Mo.

La reversión a la austenita puede ser hecha mínima utilizando bajas temperaturas de envejecimiento, por ejemplo por debajo de 370°C, pero obrar así perjudicaría la resistencia de los aceros. Además, para un contenido dado en molibdeno y cobalto, se alcanza una máxima combinación de resistencia y tenacidad cuando el contenido en níquel es tan alto como es compatible con el proporcionar la temperatura  $M_s$  más baja juntamente con una ausencia de cantidades de austenita por encima de aproximadamente 5%. Se cree que con bajas temperaturas  $M_s$  se forman un mayor número de irregularidades de dislocación y como resultado la resistencia del acero resulta mejorada. Además, bajos contenidos en níquel tienden a producir la formación de ferrita u otras fases indeseables. Correspondientemente, se prefiere que el contenido en níquel sea de 7 a 16,5% y cuando se desea una tenacidad óptima, se prefiere que el contenido en níquel sea de 11 a 16%.

326889

27



Se prefiere además que los contenidos de los elementos níquel, molibdeno y cobalto estén relacionados entre sí de manera que la suma de los contenidos de níquel y molibdeno más una décima parte del contenido en cobalto, esté entre 16 y 27% y más preferiblemente entre 20 y 26%. Esta correlación contribuye grandemente a la formación de un estado martensítico satisfactorio al enfriar a partir del trabajado en caliente (o del tratamiento en solución) sin necesidad de utilizar tratamientos adicionales, tales como tratamiento en frío. La suma de los contenidos en níquel y molibdeno más una décima parte del contenido en cobalto puede ser hasta de 30% o incluso superior, pero entonces puede ser necesario un tratamiento en frío, por ejemplo refrigeración o trabajado en frío o ambos, antes de envejecer para inducir el grado de transformación deseado en martensita.

El titanio y el aluminio pueden ser utilizados para lograr una buena desoxidación y maleabilización. El titanio, por ejemplo, sirve para fijar elementos tales como oxígeno, nitrógeno y carbono. Los contenidos en titanio o aluminio no necesitan generalmente exceder de 1% separadamente, no excediendo el total de 1,5%. Sin embargo, cuando el contenido en molibdeno está en el extremo inferior del margen de molibdeno, es decir de 7 a 10%, el titanio o el aluminio o ambos en una cantidad entre 1 y 3% dan una marcada resistencia a los aceros, particularmente cuando el contenido en níquel está en el extremo superior del margen de níquel. Al menos 0,05% de uno o de ambos, aluminio o titanio, facilita el tratamiento de los aceros.

En general el contenido en carbono no deberá

326889



pasar de 0,3%, y para una buena tenacidad no deberá pasar de ,1%. Para unas propiedades óptimas, el carbono no deberá estar presente en cantidades mayores de 0,05%. Sin embargo, para usos donde los carburos sean particularmen-  
5 te útiles, por ejemplo en bordes cortantes, los aceros pue den tener contenidos en carbono hasta de 1%.

Se pueden desarrollar resistencias muy altas en los aceros de acuerdo con el invento, dependiendo los valores de éstas de la composición del acero. Dicho de  
10 forma general, los aceros tienen una carga de rotura por tracción de al menos 265 kg/mm<sup>2</sup>. Con altos contenidos en molibdeno y cobalto puede ser obtenida una carga de rotu-  
ra por tracción tan alta como 350 kg/mm<sup>2</sup>, aunque estos ace ros no son dúctiles. Sin embargo, pueden ser utilizados  
15 ventajosamente para fines en que una máxima dureza es la propiedad de principal interés, es decir para troqueles, cojinetes, máquinas herramientas, cuchillos y cuchillas de afeitar. Dichos aceros contienen de 5 a 10% de níquel, 13  
a 16% de molibdeno y 16 a 30% de cobalto, pero preferible  
20 mente de 6 a 9% de níquel, 13,5 a 15,5% de molibdeno, 20 a 30% de cobalto, en cada caso con 0 a 1% de titanio, 0 a 1% de aluminio, y carbono hasta 0,1%, siendo el resto hie  
rro excepto las impurezas.

Cuando es importante una carga de rotura por  
25 tracción de 300 kg/mm<sup>2</sup> o superior junto con alguna ducti-  
lidad, pero no se requiere una máxima dureza, el acero pue de contener de 7 a 13% de níquel, de 12 a 15% de molibdeno, de 12 a 22% de cobalto, de 0 a 1% de titanio, de 0 a 1% de alu  
minio y carbono hasta 0,1%, siendo el resto hierro excepto  
30 las impurezas. Más ventajosamente, dichos aceros contienen de 7 a 10,5% de níquel, de 12,5% a 14,5% de molibdeno, de

326889

27 JUL 1951



de 14 a 20% de cobalto, de 0 a 0,5% de titanio y 0 a 0,5% de aluminio, no excediendo la suma de los contenidos en titanio y aluminio de 0,75%, y carbono hasta 0,05%, siendo el resto hierro excepto las impurezas. Sin embargo, el contenido en molibdeno puede ser tan bajo como 10 a 12% con tal que el contenido en cobalto aumente al menos a 25%.

En general cuando se requiere la combinación óptima de propiedades, es decir resistencias a la tracción entre  $265 \text{ kg/mm}^2$  y  $300 \text{ kg/mm}^2$  con una ductilidad razonable, los aceros contienen ventajosamente de 11 a 16% de níquel, de 7,5 a 12% de molibdeno, de 10 a 18% de cobalto, siendo la suma de los contenidos en molibdeno y cobalto al menos de 22%, de 0 a 1% de titanio, de 0 a 1% de aluminio, no excediendo la suma de los contenidos en titanio y aluminio de 1,5% y carbono hasta 0,1%, siendo el resto hierro aparte de las impurezas. Para una combinación óptima de resistencia y ductilidad, los aceros contienen de 12,5 a 15,5% de níquel, de 8 a 10,5% de molibdeno, de 12 a 16% de cobalto, siendo la suma de los contenidos en molibdeno y cobalto de al menos 22%, carbono hasta 0,05%, de 0 a 0,5% de titanio y 0 a 0,5% de aluminio, no excediendo la suma de los contenidos en titanio y aluminio de 0,75%.

Aceros de acuerdo con el invento pueden ser fundidos en aire o bajo vacío, y ventajosamente son fundidos subsiguientemente como electrodos consumibles. Los lingotes colados deben ser homogeneizados a fondo. Los aceros son entonces trabajados en caliente, y, si se desea, trabajados en frío para obtener la forma requerida. Se pueden utilizar varias operaciones de calentamiento y trabajado en caliente y ayudan a la homogeneización. Los ace

326889

27 JUN 1961



ros pueden ser trabajados en caliente de forma satisfacto  
ria en el margen de temperaturas de 1260°C hasta 760°C.  
Los aceros son preferiblemente enfriados en aire después  
del trabajado en caliente pero se puede emplear el enfria  
5 miento en horno o el enfriamiento rápido.

Al enfriar a la temperatura ambiente los ace  
ros preferidos se transforman al estado martensítico pero  
en algunos casos puede ser deseable someter a los aceros  
a un trabajado en frío o a refrigeración para asegurar una  
10 transformación martensítica sustancialmente completa. Des  
pués de transformados al estado martensítico, los aceros  
pueden ser envejecidos, sin nueva elaboración o tratamien  
to térmico, por calentamiento a una temperatura entre 400  
y 595°C durante un periodo que oscila de 100 horas a 6 mi  
15 nutos, utilizándose tiempos de envejecimiento más largos  
con las temperaturas más bajas. Un envejecimiento entre  
510 y 480°C ha resultado ser satisfactorio. Temperaturas  
de envejecimiento por debajo de 400°C requieren tiempos de  
envejecimiento indeseablemente largos para que se obtenga  
20 una resistencia y una dureza máximas. Por otra parte, pa  
ra evitar la reversión a la austenita, no se deberán em  
plear temperaturas de envejecimiento por encima de 595°C  
con tiempos de envejecimiento de 1 hora o más. Sin embar  
go, cuando se requieren superficies especialmente duras,  
25 particularmente en combinación con núcleos más blandos,  
los aceros pueden ser envejecidos a temperaturas tan altas  
como 760°C durante periodos no mayores de 30 minutos. Para  
este fin, el margen de temperaturas de 675 a 730°C es sa  
tisfactorio, siendo suficientes tiempos de envejecimiento  
30 de 1/4 a 5 minutos.



Se prefiere configurar los aceros antes del envejecimiento, es decir en el estado trabajado en caliente o tratado en solución, ya que los aceros son entonces comparativamente blandos.

5 Si se desea, los aceros pueden ser tratados con solución antes de envejecer. Si aceros con contenidos en molibdeno entre 7 y 8% son sometidos a un tratamiento con solución, la temperatura puede ser tan baja como 760°C, pero con contenidos en molibdeno entre 8 y 10%, entre 10 y 12%, entre 12 y 14% y entre 14 y 16%, las temperaturas de calentamiento en solución deberán ser al menos de 870, 980, 1.040 y 1.095°C respectivamente.

A título de ejemplo, las composiciones de algunos aceros de acuerdo con el invento están dadas en la 15 Tabla I. Los aceros contenían no más de 0,03% de carbono y no más de 0,15% en total de silicio y manganeso. Además los aceros nº 4, 5 y 10 contenían 0,5% de niobio, los números 13 y 14 contenían 1% de vanadio y los números 14 y 16 contenían 2% de tungsteno. En cada caso el resto era 20 hierro. Los aceros fueron fundidos en vacío, homogeneizados y trabajados en caliente. Probetas mecanizadas de los aceros trabajados en caliente fueron sometidas después a uno de los siguientes tratamientos de envejecimiento.

25 Tratamiento térmico A: 4 horas a 480°C;  
Tratamiento térmico B: 5 horas a 480°C;  
Tratamiento térmico C: 1 hora a 510°C.

Después de envejecer, se determinaron las propiedades mecánicas de las probetas y la carga de rotura por tracción (C.R.T.) y la dureza ( en unidades Rockwell "C") están dadas también en la Tabla I.

30

326889



27

T A B L A I

Acero nº	Trata- miento térmico	Ni, %	Mo, %	Co, %	Ti, %	Al, %	C.R.T. Kg/mm <sup>2</sup>	Dureza Rc	
5	1 <sup>º</sup>	A	8	14	18	0.2	0.2	355,9	--
	2 <sup>º</sup>	A	9	13	20	0.2	0.2	351,7	--
	3	A	8	14	18	0.2	--	344,6	64.5
		C	8	14	18	0.2	--	335,2	--
10	1	C	8	14	18	0.2	0.2	336,6	65.5
	4	A	8	14	18	0.2	0.2	340,2	65.5
		C	8	14	18	0.2	0.2	325,2	--
	5	C	8	14	18	0.2	--	335,0	--
	6	A	8	14	20	0.2	0.2	330,4	66
		C	8	14	20	0.2	0.2	334,0	--
	7	A	8	14	18	--	0.2	328,9	65.5
C		8	14	18	--	0.2	329,0	--	
15	8	A	10	12	20	0.2	0.2	326,2	63.5
		C	10	12	20	0.2	0.2	325,5	--
	9	A	12	10	16	2	0.2	325,9	65
		C	12	10	16	2	0.2	315,9	--
2	A	9	13	20	0.2	0.2	324,8	65	
	C	9	13	20	0.2	0.2	319,3	--	
20	10	A	8	14	18	--	0.2	324,7	65
		C	8	14	18	--	0.2	337,1	--
	11	A	8	14	18	0.2	0.2	322,0	63.5
	12	C	9	13	18	0.2	0.2	321,8	--
25	13	B	9	13	18	0.2	0.2	319,1	65
	14	B	9	12	18	0.2	0.2	318,2	65
	15	A	12	10	16	0.8	0.8	316,4	64.5
	16	B	9	12	18	0.2	0.2	314,2	65.5
30	17	A	12	10	16	1	0.2	313,4	65
	18	A	9	13	15	0.2	0.2	311,5	63
	19	A	12	10	16	0.2	1	302,5	63
	20	A	10	12	14	0.2	0.2	300,9	62



Acero nº	Trata- miento térmico	Ni, %	Mo, %	Co, %	Ti, %	Al, %	C.R.T. Kg/mm <sup>2</sup>	Dureza Rc	
5	21	C	5	15	21	0.2	0.2	298,8	--
	22	A	12	10	20	0.2	0.2	298,1	62.5

\* = Trabajado en frío aproximadamente 30% antes de envejecer.

10 La Tabla I muestra que se pueden obtener cargas de rotura por tracción muy por encima de 280 kg/mm<sup>2</sup> en aceros de acuerdo con el invento. Los aceros núms. 1 y 2 tenían resistencias mayores de 350 kg/mm<sup>2</sup> después de una cantidad nominal de trabajado en frío, mientras que el ace  
15 ro nº 3 alcanzó una resistencia próxima a 350 kg/mm<sup>2</sup> sin ningún trabajado en frío.

La dureza de los aceros es en cada caso mayor de R<sub>c</sub> 60.

20 Los límites aparentes de elasticidad de los aceros fueron también determinados y se encontró que eran excepcionalmente altos y muy próximos a las cargas de rotura por tracción correspondientes. Por ejemplo, el límite apa  
25 rente de elasticidad (con 0,2% de deformación permanente) del acero nº 1 (estado no trabajado en frío) era de 333,1 kg/mm<sup>2</sup> y el del acero nº 18 era de 310,1 kg/mm<sup>2</sup>. El mayor límite aparente de elasticidad obtenido era de 342,2 kg/mm<sup>2</sup> en una probeta del acero nº 3 sometido al tratamiento tér-  
30 mico A. Son importantes altas proporciones de límite aparente de elasticidad a carga de rotura por tracción ya que un diseñador utiliza generalmente el límite aparente de elas-

326889

27



5 ticidad (a diferencia de la superior carga de rotura por  
tracción), como criterio básico para seleccionar el mate-  
rial. En los aceros del presente invento, la proporción  
de límite aparente de elasticidad a carga de rotura por  
10 tracción es convenientemente de al menos 0,9. Se encontró  
también que la ductilidad por tracción (determinada sobre  
una longitud calibrada de 4 veces el diámetro de la pieza  
de ensayo) de los aceros en la Tabla I era excepcionalmen-  
te alta para dichos niveles de resistencia. Entre los en-  
sayados, los alargamientos por tracción más altos eran de  
4% para el acero nº 2 (estado no trabajado en frío, trata-  
miento térmico "C"), y 2% para el acero nº 12.

15 En la Tabla II están dadas las composiciones  
de algunos otros ejemplos de aceros del invento. Además  
de los constituyentes mostrados, se añadió a cada masa fun-  
dida 0,2% de aluminio y titanio, respectivamente. Ninguno  
de los aceros contenía más de 0,04% de carbono ni más de  
0,15% de silicio y manganeso, respectivamente.

20 Los aceros fueron preparados por el mismo pro-  
cedimiento que los de la Tabla I, excepto que en algunos  
casos se utilizó uno de los siguientes tratamientos tér-  
micos:

Tratamiento térmico D: Envejecimiento 96 horas a 430°C

Tratamiento térmico E: Refrigerado y después enveje-  
cido 4 horas a 480°C.

25 Las propiedades mecánicas de los aceros fue-  
ron determinadas, y los valores para el límite aparente  
de elasticidad con 0,2% de deformación permanente (L.A.E.),  
la ductilidad por tracción (A1.) y la reducción en super-  
ficie (R.S.) están dados en la Tabla II.

326889



T A B L A II

	Acero nº	Trata- miento térmico	Ni, %	Mo, %	Co, %	C.R.T. kg/mm <sup>2</sup>	L.A.E. <sub>2</sub> kg/mm <sup>2</sup>	Al, %	R.S. %
5	23	A	12	12	12	291,8	282,6	3	16
	24	A	10	12	12	291,8	284,0	4	10
	25	A	9	13	13	289,0	283,3	3.5	23
	26	D	13	10	12	281,8	273,0	8	38.5
		A	13	10	12	282,9	277,6	6	23
10	27	A	12	10	16	282,6	274,2	5	27
	28	A	13	9	16	280,5	271,4	5	23
	29	A	12	10	14	277,0	267,9	4	24
	30	A	13	9	14	276,6	267,2	5	30
		C	13	9	14	276,0	270,0	7	33
15	31*	E	13	9	14	276,4	269,3	6	24
	32	E	14	8	16	269,4	263,8	8	28
	33	A	14	8	16	270,0	263,7	5	25.5
		D	14	8	16	267,4	261,0	9	37.5

\* = Fundido en aire.

20 Se puede observar a partir de la Tabla II que se puede obtener una combinación muy buena de resistencia y ductilidad por tracción en aceros de acuerdo con el invento. Por ejemplo, con un límite aparente de elasticidad por encima de 270 kg/mm<sup>2</sup>, el acero nº 26 poseía la ductilidad por tracción excepcionalmente alta de 8% junto con una reducción en superficie de 38%. Los resultados ilustran también la proximidad del límite aparente de elasticidad y de la carga de rotura por tracción, siendo la proporción de límite aparente de elasticidad a la carga de rotura por tracción no menor de 0,95 para cualquiera de los

25

30

326889



aceros nums. 23 a 33.

Algunos de los resultados de las Tablas I y II están recogidos en la Tabla III para ilustrar el hecho de que cuando el contenido en molibdeno de los aceros no está muy por encima de 10%, el aluminio y el titanio mejoran marcadamente la resistencia de los aceros.

T A B L A III

Acero nº	Tratamiento térmico	Ni, %	Mo, %	Co, %	Ti, %	Al, %	C.R.T <sub>2</sub> kg/mm <sup>2</sup>
29	A	12	10	14	0.2	0.2	277,0
27	A	12	10	16	0.2	0.2	282,6
19	A	12	10	16	0.2	1	302,3
17	A	12	10	16	1	0.2	312,8
15	A	12	10	16	0.8	0.8	316,4
9	A	12	10	16	2	0.2	325,5

Tal como se puede observar a partir de la Tabla III, el aumento de resistencia del acero nº 27 sobre la del acero nº 29 es debido al aumento en cobalto. El aumento del contenido en aluminio o titanio del acero nº 27 desde 0,2 a 1%, tal como en los aceros núms. 19 y 17, respectivamente, dió como resultado un marcado aumento en la resistencia. El mayor aumento se verificó con el acero nº 9 que tenía un contenido en titanio de 2%. El acero nº 15 con 0,8% de aluminio y titanio respectivamente, muestra un excelente aumento de resistencia en comparación con el acero nº 27 que contenía 0,2% de titanio y aluminio respectivamente. Esta sorprendente mejora no se verifica con aceros que contienen mucho más de 10% de molibdeno, particu

larmente en presencia de contenidos en níquel por debajo de 14%. Así, cuando el contenido en molibdeno no excede de 11% se pueden obtener resistencias a la tracción de 300 kg/mm<sup>2</sup> y superiores con tal que la suma de aluminio más titanio sea al menos de 1%. En este caso, las aleaciones pueden contener de 5 a 16,5% de níquel, de 7 a 11% de molibdeno, de 8 a 30% de cobalto, siendo la suma de los contenidos en molibdeno y cobalto de al menos 20%, al menos uno de los elementos de titanio y aluminio en cantidades hasta de 2,5% de cada, siendo la suma de los contenidos en titanio y aluminio de 1 a 3%, y hasta 0,3% de carbono, siendo el resto hierro aparte de las impurezas.

En la Tabla IV están dadas las composiciones de otros tres aceros (núms. 34 y 36) de acuerdo con el invento y, a título de comparación, de 3 aceros, A a C, fuera del invento.

El acero A era un acero colado calentado con solución a 1.150°C durante 4 horas, enfriado en aire y después envejecido a 480°C durante 3 horas. Los restantes aceros eran aceros forjados sometidos al tratamiento térmico A. Fueron determinadas las durezas de los aceros con los resultados mostrados en la Tabla IV.

326889

27



T A B L A IV

	Acero nº	Ni, %	Mo, %	Co, %	Ti, %	Al, %	Dureza, R <sub>c</sub>
5	A	18	10	20	0.2	--	0
	B	10	10;	40	0.2	0.2	22
	C	18	10	18	0.2	0.2	16
	34	10	10	30	0.2	0.2	65
10	35	7	15	15	0.2	0.2	65
	36*	5	13	18	0.2	0.2	63

\* 4% de cromo añadido.

Se puede observar que los aceros A, B y C eran de dureza extremadamente baja. El acero A fué sometido a exámen microestructural y resultó ser austenítico. Las durezas de los aceros núms. 34, 35 y 36, que eran todos martensíticos, eran muy satisfactorias.

Los aceros del invento poseen no solamente las buenas propiedades citadas sinó también resistencia a la fisuración por corrosión bajo carga estática.

Entre las formas en que se pueden producir los aceros están barras, varillas, chapas, piezas coladas y alambres, y los productos finales incluyen fijaciones, tales como tuercas.

Esta solicitud, que corresponde a la presentada en Estados Unidos de América, el 20 de Mayo de 1965, bajo el nº 457.494, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.



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

5           1.- Mejoras en la producción de acero que contiene de 5 a 16,5% de níquel, de 7 a 16% de molibdeno, de 6 a 30% de cobalto, siendo la suma de los contenidos en molibdeno y cobalto al menos de 20% cuando el contenido en molibdeno es inferior a 11%, de 0 a 2,5% de titanio, de 0  
10 a 2,5% de aluminio, no excediendo la suma de los contenidos en titanio y aluminio de 3%, carbono hasta 1%, de 0 a 0,5% de silicio, de 0 a 0,5% de manganeso, de 0 a 2% de niobio, de 0 a 4% de tántalo, de 0 a 0,1% de boro, de 0 a 0,25% de zirconio, de 0 a 8% de cromo, de 0 a 2% de vana-  
15 dio, de 0 a 0,1% de calcio, de 0 a 1% de berilio y de 0 a 4% de cobre, no excediendo la suma de los elementos silicio, manganeso, niobio, tántalo, boro, zirconio, cromo, va-  
nadio, calcio, berilio, y cobre de 10%, siendo el resto hie-  
rro excepto las impurezas.

20           2.- Mejoras producidas en la preparación de acero de 5 a 16,5% de níquel, de 7 a 16% de molibdeno, de 8 a 30% de cobalto, siendo la suma de los contenidos en molibdeno y cobalto al menos de 20%, de 0 a 2,5% de titanio, de 0 a 2,5% de aluminio, no excediendo la suma de los con-  
25 tenidos en titanio y aluminio de 3%, carbono hasta 1%, de 0 a 0,5% de silicio, de 0 a 0,5% de manganeso, de 0 a 2% de niobio, de 0 a 4% de tántalo, de 0 a 0,1% de boro, de 0 a 0,25% de zirconio, de 0 a 8% de cromo, de 0 a 2% de vana-

326889 274



5 dio, de 0 a 0,1% de calcio, de 0 a 1% de berilio y de 0 a 4% de cobre, no excediendo la suma de los elementos silicio, manganeso, niobio, tántalo, boro, zirconio, cromo, vanadio, calcio, berilio y cobre de 10%, siendo el resto hierro excepto las impurezas.

3.- Las mejoras de la reivindicación 1 ó reivindicación 2, en las cuales una modificación del acero consiste en que parte del molibdeno es reemplazado por tungsteno en la proporción de dos partes en peso de tungsteno por cada parte en peso de molibdeno, hasta un contenido máximo en tungsteno de 8%.

4.- Las mejoras de cualquiera de las reivindicaciones precedentes en las cuales el acero contiene al menos uno de los elementos niobio, tántalo, boro, zirconio, cromo, vanadio, calcio, berilio y cobre en cantidades que no exceden de 1% de niobio, 2% de tántalo, 0,01% de boro, 0,1% de zirconio, 4% de cromo, 1% de vanadio, 0,05% de calcio, 0,1% de berilio y 1% de cobre, no excediendo la suma de estos elementos conjuntamente con silicio y manganeso de 6%.

5.- Las mejoras de cualquiera de las reivindicaciones precedentes en las cuales el contenido de carbono no excede de 0,3%.

6.- Las mejoras de acuerdo con la reivindicación 5 en las cuales el contenido de carbono no excede de 0,05%.

7.- Las mejoras de acuerdo con la reivindicación 1 ó la reivindicación 2, en las cuales la suma de los contenidos en níquel y molibdeno más un décimo del contenido de cobalto está entre 16 y 27%.

326889 27



8.- Las mejoras de acuerdo con la reivindicación 7, en las cuales la suma de los contenidos en níquel y molibdeno más un décimo del contenido de cobalto está entre 20 y 26%.

5 9.- Las mejoras de acuerdo con la reivindicación 1 ó reivindicación 2, en las cuales el contenido total en molibdeno y cobalto es al menos de 22%.

10 10.- Las mejoras de acuerdo con la reivindicación 2, en las cuales el acero contiene de 5 a 10% de níquel, de 13 a 16% de molibdeno, de 16 a 30% de cobalto, de 0 a 1% de titanio, de 0 a 1% de aluminio y carbono hasta 0,1%, de 0 a 0,5% de silicio y 0 a 0,5% de manganeso, siendo el resto hierro excepto las impurezas.

15 11.- Las mejoras de acuerdo con la reivindicación 10, en las cuales el acero contiene desde 6 a 9% de níquel, de 15,5 a 15,5% de molibdeno y de 20 a 30% de cobalto.

20 12.- Las mejoras de acuerdo con la reivindicación 2, en las cuales el acero contiene de 7 a 13% de níquel, 12 a 15% de molibdeno, de 12 a 22% de cobalto, de 0 a 1% de titanio, de 0 a 1% de aluminio y carbono hasta 0,1%, de 0 a 0,5% de silicio y 0 a 0,5% de manganeso, siendo el resto hierro, excepto las impurezas.

25 13.- Las mejoras de acuerdo con la reivindicación 12, en las cuales el acero contiene de 7 a 10,5% de níquel, de 12,5 a 14,5% de molibdeno, de 14 a 20% de cobalto, de 0 a 0,5% de titanio y de 0 a 0,5% de aluminio, no excediendo la suma de los contenidos en titanio y aluminio de 0,75%, y carbono hasta 0,05%.

30 14.- Las mejoras de acuerdo con la reivindi-

326889<sub>27</sub>



5 cación 2, en las cuales el acero contiene de 7 a 13% de níquel, de 10 a 12% de molibdeno, de 25 a 30% de cobalto, de 0 a 1% de titanio, de 0 a 1% de aluminio, carbono hasta 0,1%, de 0 a 0,5% de silicio y de 0 a 0,5% de manganeso, siendo el resto hierro excepto las impurezas.

10 15.- Las mejoras de acuerdo con la reivindicación 2, en las cuales el acero contiene de 11 a 16% de níquel, de 7,5 a 12% de molibdeno, de 10 a 18% de cobalto, siendo la suma de los contenidos en molibdeno y cobalto al menos de 22%, de 0 a 1,0% de titanio, de 0 a 1,0% de aluminio, no excediendo la suma de los contenidos en titanio y aluminio de 1,5% y carbono hasta 0,1%, de 0 a 0,5% de silicio y de 0 a 0,5% de manganeso, siendo el resto hierro excepto las impurezas.

15 16.- Las mejoras de acuerdo con la reivindicación 15, en las cuales el acero contiene de 12,5 a 15,5% de níquel, de 8 a 10,5% de molibdeno, de 12 a 16% de cobalto, siendo la suma de los contenidos en molibdeno y cobalto al menos de 22%, carbono hasta 0,05%, de 0 a 0,5% de titanio y de 0 a 0,5% de aluminio, no excediendo la suma de los contenidos en titanio y aluminio de 0,75%.

20 17.- Las mejoras de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en las cuales el acero contiene no más de 0,15% de silicio y no más de 0,15% de manganeso.

25 18.- Mejoras de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes caracterizadas porque el acero es envejecido en el estado martensítico.

32688927 JUN



19.- " MEJORAS EN LA PRODUCCION DE ACERO "

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, y con los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de veintitres hojas escritas por una sola de sus caras.

Madrid, 27 JUN. 1906

P. A.

Alberto de Elzaburu  
For. Potosí

E.F.S.-

- 23 -

1164