

P.- 30.249

CEK/CGH
"Ageing Stainless
Steel (Mo)"



317692

MEMORIA DESCRIPTIVA

que se presenta para unir a la solicitud

de

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

formulada el 22 de septiembre de 1.965

con el núm. 317.692

en

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:

"UN PROCEDIMIENTO DE FABRICACION DE ACERO AL CROMO-NI
QUEL QUE PUEDE TEMPLARSE POR PRECIPITACION"

Esta invención se refiere a aceros inoxidable que se pueden templar por precipitación, que poseen tal resistencia mecánica y tenacidad que los hacen muy adecuados para fines estructurales, por ej. recipientes a presión, componentes de aviones y similares.

5

Hay un tratamiento de calentamiento en disolución y una subsiguiente maduración comunes a los tratamientos de todos los tipos de aceros inoxidable que pueden templarse por precipitación. La presente invención se refiere fundamentalmente a aceros inoxidable que son sustancialmente martensíticos, tanto

10



por enfriamiento hasta la temperatura ambiente después del calentamiento en disolución, como por enfriamiento después de su maduración. La invención, sin embargo, incluye ciertos aceros -
inoxidables que son sustancialmente austeníticos por enfriamiento
5 hasta la temperatura ambiente después de su calentamiento en disolución, pero que pueden llevarse al estado martensítico por refrigeración o tratamiento en frío.

Una desventaja de los aceros inoxidables que pueden templarse por precipitación conocidos es que no se obtiene un
10 límite elástico elevado sin pérdida de tenacidad. Además, durante el tratamiento y fabricación de estos aceros son necesarios frecuentemente tratamientos térmicos complejos y caros.

De los aceros inoxidables conocidos que pueden templarse por precipitación hay muy pocos que tengan límites elásticos
15 de 105 a 140 kg./mm², una resistencia que es muy adecuada para muchos fines. Tales aceros, sin embargo, no poseen, a estas resistencias, propiedades de tenacidad particularmente buenas, - incluyendo resistencia al impacto.

Sólo algunos de los aceros inoxidables que pueden templarse por precipitación conocidos tiene límites elásticos de
20 140 kg. / mm² o más, y éstos tienen escasa tenacidad. Realmente, la falta de tenacidad en estos últimos aceros han sido tan marcada, que se han aplicado técnicas de "sobremaduración" a los aceros para alcanzar un mejor grado de tenacidad, pero esto
25 sólo puede hacerse, desde luego, a expensas de la resistencia mecánica. Con el término "tenacidad" queremos decir más que la ductilidad a la tracción y la propiedad indicada por la reducción de los valores de superficie. La tenacidad incluye la posesión de elevadas resistencias a la tracción con entalladura, junto
30 to con altas relaciones de resistencia a la tracción con entalla-

317692

16



5 dura a resistencia límite a la tracción. Los valores de la ductilidad a la tracción y la reducción de superficie obtenidos - por medio del ensayo de muestras uniformes, no siempre dan una indicación de fidedigna de la tenacidad. Esto es porque, en - uso, en los componentes estructurales se desarrollan grietas que pueden inducirse interior o exteriormente, o los aceros a partir de los cuales se formó el componente pueden contener grietas incipientes, muescas u otras imperfecciones.

10 La tenacidad de entalladura es la capacidad de un metal para relajarse plásticamente bajo tensiones localizadas - elevadas. Es sabido que la grieta, muesca u otra imperfección actúa como iniciadora y centro para la autopropagación. Además, se ha establecido que en estos puntos tiende a haber concentraciones de la fisura, por medio de un relajamiento plástico, se dice que es dúctil a la entalladura. Los metales que no son -
15 dúctiles a la entalladura, es decir, que son sensibles a la entalladura, están expuestos a una fractura frágil. La fractura frágil puede tener lugar en muchos metales a pesar del hecho de que el límite elástico, la ductilidad a la tracción y -
20 la reducción de superficie de muestras uniformes del metal - - sean aceptables por otro lado. La propogación de la fisura, - que conduce a la fractura frágil, puede inducirse por un número de factores, incluyendo el tratamiento térmico aplicado al - material otro factor de considerable importancia es la resis-
25 tencia mecánica del metal. Es sabido que el tamaño mínimo de fisura que puede dar lugar a una fractura frágil se hace más - pequeño a medida que aumentan el límite elástico y la resistencia a la tracción del metal. Así pues, el problema de evitar la fractura frágil en metales con límites elásticos de, -
30 por ejemplo, 70 a 105 kg. / mm², no es tan grave como en - -



el caso de metales que tienen límites elásticos de 140 kg./ -
mm² o más altos. En el contexto de esta invención, un acero -
con un límite elástico de 140 kg./mm² o superior, ha de te-
ner una relación de resistencia a la tracción con entalladura
5 a resistencia límite a la tracción de al menos la unidad (sien-
do 10 o mayor el factor de agudez de la entalladura, K_t) para
ser considerado dúctil a la entalladura. Ventajosamente, esta
relación es al menos de 1'2:1.

Así, los aceros con límites elásticos de 98 a
10 140 kg. /mm² han de tener un alto grado de tenacidad, incluyen-
do resistencia al impacto, es decir, una ductilidad a la trac-
ción de al menos 10% y preferiblemente 12% (mediciones de pa-
trón normal), una reducción de superficie de al menos 40% y -
preferiblemente al menos 50%, y una resistencia al impacto con
15 entalladura de al menos 7 kg. - m. Por otro lado, los aceros de
resistencia más elevada, es decir, 140 kg./mm² y más, han de -
caracterizarse por una buena tenacidad, incluyendo tenacidad a
la entalladura. Han de tener una ductilidad a la tracción de al
menos 10% (medidas de patrón normal), una reducción de superfi-
20 cias de al menos 40%, una elevada resistencia a la tracción con
entalladura, y una relación de resistencia a la tracción con -
entalladura a resistencia límite a la tracción de al menos la
unidad, y preferiblemente de al menos 1'1. Los aceros han de
resistir también a la corrosión y deben fabricarse fácilmente.

25 Nuestro objeto es proporcionar estos aceros.

Una característica común de los tratamientos de los
aceros conocidos es el uso de tratamientos de acondicionamiento.
Por ejemplo, después del calentamiento en disolución puede ser
necesario tratar por calor los aceros a laguna temperatura in-
30 ferior a la temperatura de calentamiento en disolución con el

317692

18 NOV 1954



5 fin de acondicionar previamente los aceros de modo que tenga lugar eventualmente la transformación en martensita. Incluso en este caso puede ser necesaria la refrigeración o trabajado en frío, para efectuar el máximo grado de transformación antes de la maduración. Tales tratamientos térmicos adicionales no solamente son costosos, sino que también favorecen la formación de precipitados en los contornos de los granos austeníticos, que perjudican la ductilidad y la resistencia a la corrosión de los aceros.

10 Es deseable evitar tal refrigeración y los tratamientos intermedios de acondicionamiento, y desarrollar las propiedades deseadas por medio de un simple calentamiento en disolución y maduración. Los aceros preferidos de la invención cumplen este requisito.

15 Es también ventajoso evitar el empleo de elementos caros, tales como el cobalto.

20 Los aceros según la invención contiene de 11 a 13% de cromo, 9 a 11% de níquel, 1'5 a 3% de molibdeno, siendo de 20 a 23% la suma de 0'8 veces el contenido en cromo más los contenidos en níquel y molibdeno, al menos uno de titanio y niobio, siendo el contenido de titanio de 0'1 a 0'5%, y siendo el contenido de niobio de 0'05 a 1%, de 0'5 a 1'6% de aluminio, siendo la suma de los contenidos en titanio y aluminio no más de 1'9%, y siendo al menos 5:1 la relación del contenido en níquel de a la suma de los contenidos de aluminio y titanio, carbono hasta 0,03%, de 0 a 0'2% de manganeso y de 0 a 0'2% de silicio, siendo el resto hierro, excepto las impurezas y elementos incidentales.

25
30 En estos aceros, el aluminio es el elemento particularmente responsable del efecto de templado por precipitación.



El contenido de aluminio empleado depende de los requerimientos de resistencia y tenacidad de los usos para los que se empleen estos aceros. En líneas generales, puede considerarse que los aceros con inferiores contenidos en aluminio tienen -
5 excepcional tenacidad, particularmente resistencia al impacto, mientras que los de superiores contenidos en aluminio tienen - muy altos límites elásticos, acompañados por una ductilidad - relativamente buena a la entalladura.

Los aceros en los que se requiere un límite elástico de 140 kg./mm² y más, han de contener de aproximadamente 1 a -
10 1'6% de aluminio, y ventajosamente desde 1'1 hasta 1'5% de aluminio. La suma de los contenidos en aluminio y cualquier cantidad de titanio no excede preferiblemente de 1'8%. Si están presentes cantidades de aluminio muy en exceso de 1'6%, se afecta
15 de modo adverso la tenacidad a la entalladura de los aceros, y pueden perjudicarse también otras propiedades de tenacidad. Por otro lado, es necesario al menos 1% de aluminio para alcanzar los más altos límites elásticos.

Cuando son adecuados los límites elásticos del orden de 105 a 140 kg./mm², pero se requiere que los aceros tengan la más alta tenacidad, incluyendo un valor de impacto Charpy con entalla en forma de V de al menos 7 kg.-m., el contenido de aluminio ha de ser de 0'5 a 1%. Si el contenido en aluminio está por debajo de 0'5%, el límite elástico es demasiado
20 bajo, y es ventajoso mantener un contenido en aluminio de al menos 0'6%. Para asegurar excelentes propiedades de impacto, el contenido en aluminio ha de exceder de 0'9%.

El contenido en cromo, de los aceros no ha de ser menos del 11%, y es preferiblemente al menos 11,5%, para dar el
30 grado deseado de resistencia a la corrosión, no obstante el be-

317692 15



5 neficioso efecto del molibdeno en ciertos ambientes corrosivos
específicos. Por el contrario, los contenidos en cromo supe-
riores al 13% perjudican las propiedades de los aceros, y pue-
den hacer también necesario el uso de tratamientos térmicos más
complicados, por ejemplo tratamientos intermedios de acondicio-
namiento.

10 Ha de haber presenta al menos 9% de níquel para obte-
ner una combinación de buena resistencia y tenacidad. Las can-
tidades excesivas de níquel favorecen la retención de la auste-
nita en la maduración, y también limitan el intervalor de tem-
peratura de maduración que puede usarse sin peligro de reten-
ción de austenita y de la posibilidad de sobremaduración. Por -
esta razón, el contenido en níquel no excede del 11%. Además,
para asegurar buena tenacidad, la relación del contenido en ní-
15 quel a la suma de los contenidos en titanio y en aluminio ha -
de ser al menos de 5:1.

20 El molibdeno también confiere resistencia a la corro-
sión en ciertos ambientes, particularmente ambientes que con-
tienen cloruros, por ej. agua de mar y ácido clorhídrico, y -
también da mejor resistencia a ácidos tales como, el sulfúrico
y el fosfórico. Ha de haber presente al menos 1'5% de molibdeno
para dar una resistencia satisfactoria a tales ambientes corro-
sivos. Si, no obstante, el contenido en molibdeno excede del -
3%, hay una tendencia a retener la austenita. Ventajosamente, el
25 contenido en molibdeno no excede de 2'5%.

30 Con el fin de poseer las propiedades requeridas, la -
composición de los aceros ha de ser tal que la suma de 0'8 veces
el contenido en cromo más los contenidos en níquel y molibdeno -
es al menos 20%. Sin embargo, si esta suma excediera del 23%, -
podrían ser necesarios tratamientos de acondicionamiento (tra-

317692



tamientos térmicos en el estado austenítico) entre el calentamiento en disolución y el tratamiento final de maduración, para asegurar una transformación sustancialmente completa en martensita.

5 Es esencial que los aceros de la invención contengan al menos uno de los elementos titanio y niobio. Estos elementos pueden combinarse preferentemente con el carbono y dificultan la precipitación de carburos de cromo perjudiciales en los límites del grano durante la maduración, manteniendo así la buena tenacidad y la resistencia a la corrosión de los aceros. El empleo de niobio es particularmente beneficioso cuando se requieren resistencia y tenacidad óptimas. Aún cuando el contenido de niobio puede ser tan alto como el 1%, se prefiere que no exceda de 0'5%. La cantidad de titanio no ha de exceder de 0'5% y ventajosamente no excede de 0'35%. Una excesiva cantidad de titanio conduce a la segregación y a otros problemas en el tratamiento de los aceros.

10

15

 El contenido en carbono ha de mantenerse tan bajo como sea posible, y no ha de exceder en ningún caso del 0'03%. Cantidades superiores de carbono, además de conducir a la corrosión intergranular, reducen drásticamente el intervalo de temperatura de la transformación en martensita y perjudican también la tenacidad. Es posible que la formación de carburos de cromo pudiera elevar la temperatura M_s , pero, la indeseable precipitación de carburos de cromo durante el tratamiento térmico, puede perjudicar la tenacidad. Un alto contenido en carbono conduciría también a reacciones opuestas durante la maduración; es decir, el carbono actuaría tanto como agente de revenido como de templado. A medida que los aceros se enfriasen desde la temperatura de calentamiento en disolución, el carbono no estabilizado que ya está en disolución actuaría como agente de templado disolvién-

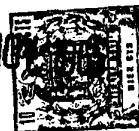
15

25

30

317692

16 NOV



dose en la matensita. Sin embargo la martensita así templada sería después revenida durante el tratamiento de maduración, conduciendo a un material de resistencia y dureza inferiores. El contenido en carbono ha de ser por tanto tan bajo como sea posible, y preferentemente no excede 0'02%.

5

Los contenidos de silicio y manganeso también deben mantenerse tan bajo como sea posible, ya que afectan a la tenacidad de modo adverso. Los contenidos de silicio o manganeso que son apreciablemente superiores a 0'2% tienen un efecto perjudicial sobre la ductilidad de entalladura y la resistencia al - impacto con entalladura de los aceros, y se prefiere que la cantidad total de estos elementos no exceda de 0'25%. Los más preferible es mantener estos elementos en un valor de no más de - 0'1% cada uno, pero es difícil alcanzar consiguientemente tan bajos valores en la práctica.

10

15

La presencia de elementos incidentales, tales como - los empleados comúnmente como agentes desoxidantes y limpiadores, y los elementos tales como el calcio y el cerio, utilizados para maleabilizar y desulfurar, no se excluye. Otros elementos incidentales que pueden estar presentes incluyen vanadio - hasta 0'5%, tántalo hasta el 1%, cobre hasta el 0'5%, berilio hasta el 0'1%, boro hasta 0,01% y circonio hasta el 0,05%. Las impurezas tales como el azufre, fósforo, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno han de mantenerse en los valores más bajos posibles que sean compatibles con una producción económica.

20

25

Los aceros según esta invención están desprovistos de cobalto, excepto el cobalto que puede estar presente como impureza.

Para conseguir las mejores propiedades, por ej. un - límite elástico de más de 150 kg./mm², una ductilidad de al -

30



5 menos 10%, una reducción de superficie de más de 45% y una relación de resistencia a la tracción con entalladura a resistencia límite a la tracción de la menos 1'1, los aceros han de -
contener de 11'5 a 12,75% de cromo, 9 a 10'75% de níquel, 1'75
10 a 2'5% de molibdeno, siendo de 20'5 a 22% la suma de 0'8 veces el contenido en cromo más los contenidos en níquel y molibdeno, al menos uno de titanio en una cantidad de desde 0'2 a 0'35% y niobio en una cantidad de desde 0'2 a 0'5%, de 1'1 a 1'5% de -
aluminio, no excediendo de 1'8% la suma de los contenidos de
15 aluminio y titanio, carbono hasta 0'03%, de 0 a 0'15% de manganeso y de 0 a 0'15 % de silicio, y no excediendo de 0'25% la suma de los contenidos en manganeso y silicio.

Los aceros pueden fundirse al aire, pero este procedimiento puede continuarse ventajosamente por una fusión por electrodo consumible.
15

Al solidificarse, los lingotes colados han de homogenizarse en toda su masa. Los aceros se someten después a trabajado en caliente (forjado en solución y laminación, etc.) y, si se desea, a trabajado en frío hasta la forma requerida. Para conseguir una homogenización completa de la estructura colada por -
20 difusión, son ventajosas un gran número de operaciones de calentamiento o trabajado en caliente. Un intervalo satisfactorio de temperaturas de trabajado en caliente es desde 980 a 1.095°C, -
siendo temperaturas adecuadas de acabado las de 870 hasta 815°C.
25 Después del trabajado los aceros se calientan en disolución a una temperatura en el intervalo de desde 870 hasta 980°C., durante un período de tiempo que varía desde cuarto de hora a varias -
horas, según el tamaño de la sección. En la producción de chapas y tiras pueden emplearse períodos más cortos de calentamiento en
30 disolución, por ej. 10 minutos.

317692

16



Después del calentamiento en disolución, los aceros se enfrían, por ej. se enfrían por aire. No es necesario un enfriamiento rápido en un líquido, con las dificultades asociadas. Al enfriarse después del calentamiento en disolución, los aceros se transforman en un estado sustancialmente martensítico, o pueden llevarse a tal estado por refrigeración, por ej. a -75°C , o por trabajado en frío. Pueden emplearse, si se desea, tanto la refrigeración como el trabajado en frío. Sin embargo, una ventaja de los aceros de la invención que tienen un contenido combinado en cromo y níquel de no más del 23%, es que no es necesario el trabajado en frío o la refrigeración.

En el estado de calentados en disolución, los aceros son muy dúctiles y tienen valores típicos de dureza Rockwell "C" de desde 25 a 35. Por lo tanto, los aceros pueden trabajarse fácilmente antes de su maduración.

Los aceros se maduran después en estado martensítico por calentamiento hasta una temperatura de desde 425 a 540°C ., durante desde un cuarto de hora a 4 horas, utilizándose los períodos más largos de maduración en combinación con las temperaturas de maduración más bajas. Se ha comprobado que es muy satisfactoria la maduración en un intervalo de temperaturas de desde 400 a 510°C durante 1 a 4 horas. Si la temperatura de maduración es muy superior a 540°C , y con certeza superior a 565°C , puede tener lugar la reversión a austenita y una maduración en exceso, con el resultado, entre otras cosas, de la pérdida de resistencia mecánica. Se prefiere que la dureza Rockwell "C" de los aceros no exceda de $R_{\text{C}} 51$, para impedir el perjudicar la tenacidad.

A modo de ejemplo se expondrá ahora el tratamiento y propiedades de cuatro aceros, 1 a 4, según la invención, junta-

317692

mente con las de cuatro aceros, A a D, ajenos a la invención. Las composiciones nominales de los aceros se dan en la Tabla I. No se introdujo, por medio de las materias primas, más de 0'03% de carbono en los aceros, y todos ellos contenían menos de -

5 0'15% de manganeso y menos de 0'15% de silicio. En cada uno - de los aceros, el resto era hierro e impurezas.

TABLA I

10

Acero No.	Cr. %	Ni %	Mo %	Al %	Ti %	Nb %
1	12	11	2	1.3	0.3	-
2	12	10	2	1.3	0.3	-
3	12	9	2	1.3	-	0.5
4	12	9	2	1.3	0.3	-
A	15	10	2	1.3	0.3	-
B	14	10	2	1.5	0.3	-
C	14	8	2	1.5	0.3	-
D	11	12	2	1.3	0.3	-

15

20

A partir de los aceros se prepararon muestras para - ensayos de tracción, y después se les dió uno de los tratamien-

25 tos térmicos que se exponen más abajo.

TRATAMIENTO TERMICO "A"

30

1. Se calienta en disolución a 870°C durante 1 hora y se enfría con aire
2. Se refrigera a -75°C (hielo seco) durante 16 horas

317692

16 NOV



3. Se madura a 480°C durante 1 hora

TRATAMIENTO TERMICO "B"

1. Se calienta en disolución a 980°C durante 1 hora y se enfría con aire.
2. Se madura a 480°C durante 4 horas.

5

TRATAMIENTO TERMICO "C"

1. Se calienta en disolución a 980°C durante 1 hora y se enfría con aire.
2. Se refrigera a -75°C (hielo seco) durante 16 horas.
3. Se madura a 480°C durante 4 horas.

10

Se determinan los valores de la dureza Rockwell "C" -

15

de las muestras en distintos momentos de los tratamientos térmicos, o sea, después de enfriar a partir del calentamiento en disolución, después de la refrigeración cuando se aplica, y - después de enfriar a partir del tratamiento de maduración, y - se exponen en la Tabla II.

20



TABLA II

Dureza Rockwell "C" después de:

)5

Acero No.	Tratamiento térmico	Calentamiento en disolución		Refrigeración	Maduración
		870°C	980°C		
1	C	-	28	32	50
2	C	-	34	35	50
3	B	-	30	-	48
4	B	-	29	-	48
A	C	-	6	32	43
B	C	-	32	31	48
C	A	32	-	31	47
D	C	-	21	30	47

10

15

20

25

30

Una vez finalizado el tratamiento térmico, se ensayaron los aceros, y los resultados se dan en la Tabla III. El límite elástico (Y.S., con deformación permanente de 0'2%), la resistencia límite a la tracción (U.T.S.) y la resistencia a la tracción con entalladura (N.T.S.) se dan en miles de kilogramos por centímetro cuadrado (MKCG). El alargamiento por tracción (El.), utilizando una longitud patrón normalizada de 4 veces el diámetro de la muestra, y la reducción de superficie (R.A.) de dan en forma de tantos por ciento. En la Tabla III se muestra también la relación de la resistencia a la tracción con entalladura a la resistencia límite a la tracción (N.T.S./U.T.S.).

317692¹⁶

Ha de indicarse que ninguno de los aceros se trabajó en frío ni antes ni después de su maduración:

5

TABLA III

Acero No.	Límite elástico M Kg/mm ²	Resist. límite a la tracc. M Kg/mm ²	Alargam. % =	Reduc. de superficie %	Resist. a la tracc. con entalla M Kg/mm ²	Resist. a la tracc. / Resist. límite a la tracc.
1	144,3	157,0	13	50	230,5	1.51
2	162,3	171,8	12	58.5	239,3	1.39
3	158,6	169,1	12	51	177,8	1.12
4	165,5	173,3	13	56.5	218,8	1.25
A	53,5	102,8	33	71	145,4	1.42
B	127,8	145,5	18	57	197,2	1.40
C	155,4	160,2	10	42	99,2	0.612
D	132,0	148,7	16	60.5	222,0	1.49

De la Tabla III puede deducirse que los aceros según la invención muestran una notable mejora en las propiedades con respecto a los aceros ajenos a la invención, Con la excepción del acero C, los aceros ajenos a la invención tienen límites elásticos de menos de 140 kg. /mm² y sustancialmente menos del valor preferido, 150 kg. /mm². El acero C, aún -
teniendo un buen límite elástico, tiene una relación de resis-



tencia a la tracción con entalladura a resistencia final a la tracción muy por debajo de la unidad, un hecho que demuestra una tenacidad inadecuada.

5 Se observará que los contenidos en cromo de los aceros A y B eran demasiado altos, y que la suma de 0'8 veces el contenido en cromo más los contenidos en níquel y molibdeno de estos dos aceros excedía del máximo especificado de 23%. El acero A era de hecho completamente austenítico al enfriarlo después del calentamiento en disolución, como se pone en evidencia por el valor, muy bajo, de dureza Rockwell de R_c 6 que se muestra en la Tabla II. Además, este acero tenía una elevada proporción de austenita retenida al enfriarlo después del tratamiento de maduración. El acero C contenía demasiado cromo e insuficiente níquel. Finalmente, el Acero D contenía demasiado níquel.

10

15

Por el contrario, todos los aceros 1 a 4 poseían una combinación satisfactoria de propiedades. Los aceros 3 y 4, cuyos contenidos en cromo más níquel, más molibdeno totalizaban el 23%, muestran que puede conseguirse un alto nivel de propiedades sin recurrir a la refrigeración o trabajado en frío. Esto es una ventaja significativa cuando los aceros se emplean para formar grandes recipientes. En la formación de tales recipientes sería necesario un tratamiento de soldadura y una subsiguiente tratamiento de calentamiento en disolución y de maduración para restablecer las propiedades del metal de origen en la zona de soldadura. Sin embargo, sería extremadamente difícil o nada práctico someter tales recipientes a un tratamiento de refrigeración antes de su maduración.

20

25

Una comparación del acero 1 con los aceros 2, 3 y 4 muestra la ventaja de mantener en no más del 22% la suma de -

30

317692



0'8 veces el contenido en cromo más los contenidos en níquel y molibdeno.

5 Como se ha explicado anteriormente, hay muchas aplicaciones comerciales para las que serían muy adecuados los aceros con límites elásticos del orden de 105 a 140 kg. /mm². En tales casos pueden emplearse aceros según la invención y - que contienen de 0'5 a 1% de aluminio. Tales aceros tienen una notable capacidad para absorber niveles extremadamente altos - de energía de impacto. Como ejemplos de tales aceros, se expon-
10 drán ahora el tratamiento y las propiedades de tres aceros, - 5, 6 y 7, según la invención y que contienen entre 0'5 y 1% de aluminio. Los aceros contenían menos de 0'03% de carbono, menos de 0'15% de manganeso y menos de 0'15% de silicio. En cada uno de los aceros, el resto era hierro e impurezas.

15

TABLA IV

20

Acero No.	Cr %	Ni %	Mo %	Al %	Ti %	Nb %
5	12	10	2	0.8	0.2	-
6	12	9	2	0.8	0.2	-
7	12	9	2	0.8	-	0.5

25

30

Los aceros 5, 6 y 7 ni se refrigeraron ni se trabajaron en frío. A muestras de ensayo de los mismos se les dió el Tratamiento térmico B ó un Tratamiento térmico similar D,



en el que se maduraron a 540°C durante 2 horas. Después del -
tratamiento térmico, los aceros se ensayaron, con los resulta-
dos que se muestran en la Tabla V.

5

TABLA V

Acero No.	Tratamiento térmico	Límite elástico M.kg/mm ²	Resist. lim. a la tracc. M.kg/mm ²	Alargamiento %	Reducc. de superficie %	C.V.N. kg-m
5	B	135,2	142,9	16	67	10,0
	D	126,5	135,2	18	65	19,0
6	B	137,1	144,1	15	64.5	10,4
	D	128,8	136,9	16.5	66.5	16,4
7	B	141,2	147,5	15	65	7,7
	D	131,1	142	16.5	63,5	15,1

20

Resultados del ensayo de impacto Charpy con entalladura en forma de V.

En la Tabla V puede observarse que los aceros 5, 6 y 7 tienen una resistencia al impacto excepcionalmente buena, o sea, muy por encima de 7 kg. - m, y con un tratamiento térmico apropiado, hasta más de 180 kg. - m. Esta resistencia al impacto está combinada con límites elásticos razonablemente altos, por eje. 125 kg./mm.² y superiores, que son adecuados para muchos fines. Por otro lado, aún cuando los aceros B y D de la Tabla I tienen límites elásticos comparables a los de los aceros 5, 6 y

30

317692



7, no poseen el grado notablemente alto de resistencia al impacto.

5 Esta solicitud que corresponde a la presentada en los Estados Unidos de América, el día 23 de Septiembre de 1.964, con el número 398771, 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 esta solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los siguientes:

15 1.- Un procedimiento de fabricación de acero al cromo-niquel que puede templarse por precipitación, caracterizado por formar una masa fundida que contiene de 11 a 13% de cromo, de 9 a 11% de níquel, de 1,5 a 3% de molibdeno siendo de 20 a 23% la suma de los contenidos de níquel y molibdeno más 0,8 veces el contenido de cromo, por lo me-
20 nos uno de titanio y niobio, siendo el contenido de titanio de 0,1 a 0,5% y siendo el contenido de niobio de 0,05 a 1%, de 0,5 a 1,6% de aluminio, no siendo mayor de 1,9% la suma de los contenidos de aluminio y de titanio y siendo de por lo menos 5:1 la relación del contenido de níquel a la suma de los contenidos de aluminio y de titanio, carbono en cantidad de hasta 0,03%, de 0 a 0,2% de manganeso
25 y de 0 a 0,2% de silicio, siendo el resto de la masa, ex-



cepto las impurezas y elementos incidentales, hierro, y permitir que la masa solidifique para formar acero.

5 2.- Un procedimiento según el punto 1, caracterizado porque la suma de los contenidos de cromo, níquel y molibdeno no excede del 23%.

3.- Un procedimiento según los puntos 1 ó 2, caracterizado porque el contenido de aluminio es de por lo menos 1%.


10 4.- Un procedimiento según los puntos 1 a 3, caracterizado porque los aceros contienen de 11,5 a 12,75% de cromo, de 9 a 10,75% de níquel, de 1,75 a 2,5% de molibdeno, siendo de 20,5 a 22% la suma de 0,8 veces el contenido de cromo más los contenidos de níquel y de molibdeno, de 0,2 a 0,35% de titanio o de 0,2 a 0,5% de niobio o ambos,
15 de 1,1 a 1,5% de aluminio, no siendo mayor de 1,8% la suma de los contenidos de aluminio y de titanio, no más de 0,15% de manganeso y no más de 0,15% de silicio, no excediendo de 0,25% la suma de manganeso y silicio.

20 5.- Un procedimiento según cualquiera de los puntos anteriores, caracterizado porque el contenido de carbono no excede de 0,02%, el contenido de manganeso no excede de 0,1% y el contenido de silicio no excede de 0,1%.

25 6.- Un método de tratar térmicamente aceros según cualquiera de los puntos anteriores según el cual el acero es convertido en un estado sustancialmente martensítico y madurado en ese estado.

7.- Un procedimiento de fabricación de acero al cromo-níquel que puede templarse por precipitación.

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

317692, 

Esta Memoria consta de veintiuna hojas escritas
a máquina por una sola cara.

Madrid, 14 MAY. 1966

P.A.

Alberto de Elizaburu
Por Poder

