

425.668



PATENTE DE INVENCION

Armco 1231.

INT. CL.:	C22C

Memoria Descriptiva

sobre:

PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCION DE ACERO INOXIDABLE
ENDURECIDO POR CALOR.

=====

Solicitante: ARMCO STEEL CORPORATION, entidad norteamericana,
residente en 703 Curtis Street, Middletown, Ohio, EE.
UU. de A.

=====

5 La presente invención comprende un procedi-
miento para la obtención de un acero inoxidable de -
cromo-carbono-silicio-titanio, resistente a la abra-
sión, que se puede convertir fácilmente a productos
forjados por elaboración en caliente ó en frío con -



5 equipo convencional de talleres de acero. El acero es martensítico en condición de tratado en caliente, tiene una resistencia a la corrosión y resistencia extraordinaria a la abrasión. Aunque no tan limitada, el acero tiene utilidad particular para su fabricación a cojinetes, articulaciones de rótula, tornillos de rueda, cuchillería, equipo para procesar materiales tal como maquinaria para minas y procesamiento de minerales, y productos similares para utilización última en donde se requiere la combinación de las propiedades arriba detalladas.

10 Aleaciones actualmente disponibles, capaces de resistir condiciones abrasivas de altas tensiones, se producen únicamente por moldeo y no son menos a su producción en forma forjada. Entre tales aleaciones con base de hierro de la técnica anterior están: hierro moldeado blanco de cromo-molibdeno (análisis aproximado: 3,2 % carbono; 0,6 % silicio; 15,0 % cromo; 3,0 % molibdeno, y resto hierro), y hierro moldeado blanco alto de cromo (análisis aproximado: 2,7 % carbono; 0,65 % silicio; 27,0 % cromo y resto hierro). Otras aleaciones parecidas son aceros de herramientas, por ejemplo AISI tipo D-2 (1,50 - 1,60 % carbono; 0,30 - 0,45 % silicio; 11,50 - 21,50 % cromo; 0,75 - 0,85 % molibdeno; 0,70 - 0,90 % vanadio y resto hierro), y AISI tipo D-4 (2,0 - 2,30 % carbono; 0,30 - 0,45 % silicio; 11,50 - 12,50 cromo; 0,70 - 0,90 % molibdeno; 0,30 - 0,50 % vanadio y resto hierro).

25 Aceros inoxidable martensíticos de la técnica anterior clasificados como aceros forjados, tal como AISI tipos 440A, B y C, actualmente se pueden trabajar difícilmente en caliente y en frío con equipo convencional de talleres. Adicionalmente estos aceros, que tienen hasta aproximadamente -

30



1,2 % de carbono, son deficientes en resistencias a la abrasión bajo condiciones abrasivas de tensiones muy altas.

5 Por consiguiente existe una verdadera necesidad de un acero inoxidable que tenga la combinación de resistencia a la erosión por abrasión mecánica y/ó mecánica-eléctrica, - de fabricación fácil y fabricación de artículos de uso último, y buena resistencia a la corrosión.

10 El producto principal de la presente invención es un producto de acero inoxidable que tenga la combinación nueva de propiedades anteriormente mencionadas que, por selección de tratamiento por calor, se pueda hacer que exhiban un grado de dureza y resistencia a la abrasión apropiados para una aplicación particular.

15 Otro producto principal de la presente invención - son aquellos productos forjados de acero inoxidable endurecidos por calor que son comparables a productos forjados del - arte anterior en cuanto a resistencia a la abrasión con un - nivel sustancialmente mas bajo de elementos de aleaciones ca- ras, siendo el objeto de la presente el procedimiento para -
20 su obtención.

De acuerdo con la invención se proporciona un acero inoxidable con excelente resistencia a la abrasión en su condición endurecida por calor y buena resistencia a la co-
25 rrosión, consistente esencialmente de entre 0,50 y 10 % de - carbono, hasta un máximo de 1 % de manganeso, 0,30 - 3,0 % - de silicio, 11,5 - 18 % de cromo, hasta un máximo de 1,0 % de níquel, entre 0,75 y 18 % de titanio, y el resto hierro a excepción de impurezas incidentales, siendo todos los porcen-
30 tajes en peso, con la suma del contenido de carbono y tita- nio siendo no inferior a 1,75 %.



El acero de la invención se funde por cualquier -
procedimiento convencional, y puede ser fundido nuevamente
en procedimientos con protección de escoria, vacío y atmós-
fera.

5 Dentro de la ancha gama de composición arriba deta-
llada, un límite superior práctico del 5 % de carbono deberá
observarse para productos forjados formados por elaboración
en caliente y en frío con equipo estándar de taller. Con -
contenidos de carbono superiores a 5 %, el acero se puede -
10 producir en condiciones de moldeo-a-forma-deseada, y puede
endurecerse y templarse.

Mientras que el acero de la invención se encuentra
dentro de los amplios límites anteriormente expuestos, a con-
tinuación se detalle una composición preferente dentro de -
15 los cuales se obtienen propiedades óptimas para una variedad
de aplicaciones:

Carbono	-	0,90 a 5,0 %
Manganeso	-	hasta un 0,30 %
Silicio	-	1 a 2 %
20 Cromo	-	12 a 15 %
Níquel	-	hasta un 1,0 %
Titanio		0,75 a 10 %
Hierro	-	resto, excepto por impurezas incidentales.

25 En la composición arriba detallada, todos los por-
centajes son en peso, y la suma del contenido de carbón y ti-
tanio es por lo menos 1,75 %.

El acero de la invención es uno que, por su compo-
sición, produce una matriz de acero inoxidable martensítico
30 por tratamiento con calor, que contiene partículas resisten-



tes a la abrasión, extremadamente duras, y uniformemente dispersas, de carburo de titanio. Estas partículas de carburo de titanio son de tamaño microscópico y aproximadamente de forma esférica. La creación de una matriz martensítica de mucha dureza y de alta resistencia a la compresión se ha encontrado como necesaria para proporcionar la alta resistencia a la abrasión deseada. En estas condiciones, las partículas duras de carburo de titanio no se fuerzan a la matriz bajo cargas de servicio pesadas aplicadas.

Debido a que el titanio combina con el carbono en una relación atómica de 1 : 1, y debido a que el carburo de titanio es de una dureza extremada, se puede conseguir una resistencia altamente efectiva contra la abrasión a un nivel de aleación relativamente bajo. Además, se puede preseleccionar el grado de resistencia a la abrasión ó desgaste para cualquier aplicación variando el contenido de carbono y titanio y por el tratamiento en caliente a que se somete el acero, de modo que se controla la dureza de la matriz de acero martensítico y el volumen relativo de pequeños carburos de titanio dispersados en la matriz.

Mientras que la presencia de hierro y cromo hace difícil el desarrollo de carburos de titanio "puros" como la partícula de carga ó fase de resistencia a la abrasión, no obstante se puede aproximar a esta condición hasta un punto en que sólo existan muy pocas proporciones de hierro y cromo en la fase de carburo. Como bien se conoce, la relación de peso de titanio a carbono en el carburo de titanio es de aproximadamente 4 : 1. Para endurecer y fortalecer la matriz, se debe aceptar en solución, a la temperatura de endurecimiento, un nivel predeterminado de carbono asociado con hierro y cro



5 mo. De este modo el contenido de titanio será inferior a 4 -
veces el contenido total de carbono. La solubilidad de carbo
no en hierro incrementa con el incremento de la temperatura
de endurecimiento, y esto proporciona el mecanismo para con-
10 trolar la proporción de carbono combinado con titanio y, por
consiguiente, el volumen relativo del carburo de titanio ó -
la fase de partícula de carga. En general, la relación en pe
so de titanio a carbono en el acero de la invención oscilará
aproximadamente entre 0,7 : 1 y 3,8 : 1. A un nivel de tempe
15 ratura predeterminado de carbono soluble, se combina el car-
bono no disuelto ó insoluble con el titanio en forma de car-
buro de titanio ó carburo enriquecido con titanio. Debe en-
tenderse igualmente que cualquier nitrógeno presente como im-
pureza también reaccionará con titanio para producir cianoni-
15 tridas de titanio y/ó nitridas de titanio bajo práctica ordi-
naria de fundición comercial.

Mas específicamente, las temperaturas de tratamien-
to por calor para endurecer la matriz martensítica pueden -
oscilar entre 870° y 1.235°C. Se disuelve una mayor propor-
20 ción de carbono al límite superior de esta gama, y algo de -
cromo se disuelve con el carbono, de modo que mejora la resis-
tencia a la corrosión y la dureza de la matriz. Por otro la-
do, los carburos de titanio no se pueden disolver en la ma-
triz hasta llegar a temperaturas superiores a los aproximada-
25 mente 1.120°C. Aunque no se desea estar sujeto por la teoría,
se cree que se disuelve aproximadamente 0,10 % de carbono a
870°C, se disuelve aproximadamente 0,8 % de carbono a 1.040°C
y se disuelven aproximadamente 1,5 % de carbono a 1.205°C. -
Cualquier carbono no disuelto queda en forma de carburo de -
30 titanio. Después de llegar a la temperatura deseada de endu-



recimiento, se enfría el acero por cualquier sistema convencional incluyendo aire, una corriente móvil de gas, aceite ó parecido. A continuación, se puede aplicar un tratamiento de templado ó destensado a secciones endurecidas, según sea necesario por aplicaciones específicas.

5

Tomando un contenido total de carbono no superior al 5 %, el acero de la invención, después de su fundición y conformado, se puede conformar en caliente, conformar en frío, tratar con calor para disolver un porcentaje determinado ó -

10 proporción de carbono en la matriz para dejar una proporción predeterminada del contenido total de carbono en forma de carburos de titanio. Alternativamente, en contenidos de carbono relativamente bajos, se puede disolver todo el carbono por tratamiento con calor y se puede precipitar una proporción

15 predeterminada como carburo de titanio por medio de una relación controlada de enfriamiento a partir de la temperatura de endurecimiento, ó por un tratamiento por calor secundario.

10

15

Ejemplos de tratamientos por calor aplicables son los siguientes:

20

A - calentar hasta 1.040°C, mantener 30 minutos, enfriar por aire;

B - calentar hasta 1.040°C, mantener 30 minutos, enfriar por aire, destensar a 315°C;

25

C - calentar hasta 1.040°C, mantener 30 minutos, enfriar por aire hasta 705°C, mantener 1 hora, y enfriar por aire ó por inmersión en aceite hasta temperatura ambiente;

D - calentar hasta 1.040°C, mantener 30 minutos, enfriar por aire hasta 705°C, mantener una hora, enfriar por aire ó

30 por inmersión en aceite hasta temperatura ambiente, y des

30



tensar a 315°C.

5 Como será aparente por la presentación anterior, -
los contenidos de titanio y carbono, con la consiguiente for-
mación de una matriz dura, son responsables de la excelente
resistencia a la abrasión del acero producto de la invención.
No obstante, los contenidos de titanio y carbono son adicio-
10 nalmente responsables de la facilidad de elaboración en ca-
liente ó en frío del acero. En este punto debe notarse para-
lelamente que no se puede producir ningún acero inoxidable -
martensítico de arte anterior, que contenga mas de aproxima-
damente 2,5 % de carbono, en forma forjada. Por consiguiente,
un incremento de carbono permitido en carbono hasta e inclu-
yendo el nivel de 5 %, mientras se mantiene elaborable ambos
15 en caliente y en frío, representa una contribución significa-
tiva en el arte. En el acero producto de la presente inven-
ción, la adición de titanio incrementa la elaborabilidad del
acero mediante el incremento de la temperatura a las que se
pueden trabajar las aleaciones, en caliente. Como ejemplo, -
los aceros de herramientas AISI D-2 y D-4 anteriormente men-
20 cionados se elaboran en caliente ó se funden aproximadamente
entre 1.065 y 1.040°C respectivamente mientras que el acero
de la presente invención se elabora en caliente entre 1.150
y 1.235°C. Si los aceros de herramientas D-2 y D-4 del arte
anterior se conformaran entre 1175 y 1.235°C, se excederían
25 en su calor y se desmoronarían durante su elaboración. Ade-
más, la adición de titanio incrementa significativamente la
posibilidad de elaboración del acero en frío. Por ejemplo, -
el AISI Tipo 440C (que contiene aproximadamente 1 % de carbo-
no) sólo puede aceptar un 15 % de reducción en frío en-
30 tre templados, mientras que un acero de la presente inven-



ción, que contiene aproximadamente 1 % de carbono y aproximadamente una cantidad igual de titanio, se puede reducir en frío un 40 % entre templados.

5 Se cree que los efectos beneficiosos de titanio en cuanto a la elaboración en caliente y en frío del acero surge de la forma y tamaño de los carburos de titanio en la matriz. Debido a que éstos son pequeños y esféricos en forma, los carburos de titanio permiten el flujo fácil de la matriz alrededor de los mismos durante la elaboración en caliente y
10 en frío. Aleaciones fundidas del arte anterior y los llamados Tipos 440A, B y C forjados contienen estructuras de carburo ledeburítico, es decir, plateletas grandes que impiden el flujo de metal en torno a los mismos, de modo que causan el cuarteo y rotura de la matriz durante su elaboración en
15 caliente y en frío. Tales estructuras de carburos ledeburíticos son comunes generalmente en aceros hipereutécticos.

Queda aparente, de lo expuesto anteriormente, que las gamas de carbono y titanio, y el balance entre éstos, son críticas en todo sentido. Alejarse de éstos resulta en
20 la pérdida de una ó mas de las propiedades deseadas en el acero producto de la invención.

El cromo también es esencial, siendo necesario un mínimo de aproximadamente 11,5 % para impartir a la matriz buena resistencia a la corrosión y endurecimiento. En este
25 sentido, el cromo reduce el nivel de carbono eutéctico (desde aproximadamente 0,78 % de carbono en el hierro puro) hasta aproximadamente 0,35 % de carbono en aproximadamente 13 % de cromo. Mas del 18 % de cromo es indeseable debido a que
30 afectaría las propiedades de elaboración en caliente y en frío del acero adversamente e incrementaría el costo de la



aleación innecesariamente, sin ningún beneficio consiguiente.

El silicio es esencial en el acero producto de la invención. El silicio funciona del mismo modo que el cromo - al bajar el nivel de carbono eutéctico y aparentemente es si
5 nergístico con cromo en esta función. Por esta razón, es necesario por lo menos 0,3 % de silicio, y preferentemente se añade entre 1 y 2 %. No obstante, el silicio no debe exceder el 3 % debido a que un exceso tiende a bajar la dureza de la
10 aleación, en su condición de sumergido, y reduce su resistencia a la abrasión.

Manganeso, níquel, fósforo y sulfuro son elementos no-esenciales en cuanto al acero producto de esta invención. Se puede tolerar un máximo de aproximadamente 1 % de mangane
15 so y se prefiere aproximadamente un 0,30 %. Manganeso en exceso de 1 % sería dañino debido a sus efectos de estabilizar la austenita de la fase de alta temperatura. Puede estar pre
20 sente hasta un 1 % de níquel como impureza sin efecto adverso, y se pueden tolerar fósforo y sulfuro similarmente en cantidades hasta aproximadamente 0,10 y 0,05 % respectivamente.

Zirconio puede ser sustituido parcialmente por titanio. También pueden sustituirse parcialmente por titanio -
25 otros formadores de carburo tal como vanadio y molibdeno, debido a fines especiales, tal como el incremento de la resistencia a la corrosión. No debe añadirse columbio debido a -
que afecta la elaboración del acero en caliente y en frío ad
30 versamente.

Dentro de las gamas preferentes indicadas arriba, dos modificaciones proporcionan propiedades óptimas. Dichas gamas preferenciales de composición son las siguientes:



	<u>A</u>	<u>B</u>
Carbono	0,90-1,10 %	2,4-2,6 %
Manganeso	0,3 Máx.	0,3 Máx.
Silicio	1 - 2	1 - 2
Cromo	14,5 - 15,5 %	11,5-12,5 %
5 Níquel	1,0 Máx.	1,0 Máx.
Titanio	0,75-1,25 %	2,4-2,6 %
Hierro	resto, a excepción de impurezas incidentales, siendo la suma del carbono y titanio por lo menos 1,75 %.	resto, a excepción de impurezas incidentales.
10		

Se han preparado y probado una serie de muestras de acuerdo con la invención en cuanto a su resistencia a la abrasión, conformado en caliente y endurecimiento por calor. Con el fin de comparación, se han probado similarmente una serie de muestras de análisis similar pero teniendo un contenido de carbono mas titanio inferior a 1,75 % en peso, así como varias aleaciones del arte previo. Las composiciones de estas muestras se detallan en la Tabla I a continuación.

20

TABLA I.

Composición - % en peso.

Ejemplo	Nº de muestra ó tipo de acero	<u>C</u>	<u>Si</u>	<u>Cr</u>	<u>Ti</u>
25	1 ^ª 8249-2	0,98	1.06	15,12	0,92
	2 ^ª 8348	2,14	0,55	11,54	1,26
	3 ^ª 8349	2,34	0,50	12,03	2,14
	4 ^ª 8350	2,35	0,51	12,00	3,84
	5 ^ª 8312	0,91	0,36	16,92	0,87
30	6 ^ª 8508	2,06	0,75	12,55	5,20



TABLA I (continuación).

Composición - % en peso.

		Nº de muestra				
<u>Ejemplo</u>	<u>ó tipo de acero</u>	<u>C</u>	<u>Si</u>	<u>Cr</u>	<u>Ti</u>	
5	7 [×]	8509	3,21	0,75	12,95	2,57
	8 [×]	8644-1	1,02	0,42	11,94	0,98
	9 [×]	8644-2	1,01	1,62	11,88	0,92
	10 [×]	031027	1,16	0,31	16,36	0,98
	11 [×]	032026	1,19	1,03	13,98	0,87
10	12	8248-1	0,51	1,18	14,88	0,48
	13	8248-2	0,97	1,15	14,82	0,42
	14	8249-1	0,49	1,12	15,04	0,96
	15	8311	0,95	0,32	16,85	0,33
	16	8516	0,35	0,54	13,25	0,51
15	17	8521-2	1,02	3,86	11,87	Cero
	18	8643-1	1,03	0,38	12,00	0,47
	19	8643-2	1,01	1,58	11,92	0,43
	20	Estellita 6B	1,2	0,90	30,0	Cero-60,0 Co, 4,5W, Resto Fe
20	21	D-4 acero herramienta	2,2	0,30	12,00	Cero-0,80 Mo, 0,40 V, Resto Fe
	22	Cr-Mo Hierro fundido blanco	3,2	0,60	15,00	Cero-3,0 Mo, resto Fe
25	23	Hierro fundido blanco con al- to Cr	2,7	0,65	27,00	Cero-Resto Fe

× Acero producto de esta invención.

Las propiedades de los aceros de la Tabla I se detallan a continuación en la Tabla II. Para todos los ejem-



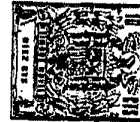
5 plos, las muestras fueron conformadas hasta un diámetro de -
1,27 cm. y circunferencia de 15,24 cm., templados a 790°C, -
trabajados, tratados con calor a 1.040°C, mantenidos durante
30 minutos, y a continuación enfriados por aire. Finalmente,
se alisaron las superficies de las muestras con papel de 120
con el fin de proporcionar condiciones uniformes de superfi-
cie entre todas las muestras.

10 Se efectuaron pruebas de abrasión utilizando el Taber Met-Abrader, Modelo 500, por el método de pérdida de peso. Para cada muestra se calculó la pérdida de peso en miligramos por 100 ciclos, de modo que cuanto mas pequeño el número de desgaste, mejor la resistencia de la muestra a la -
abrasión. Un número de desgaste de 12.000 se aceptó como valor máximo aceptable.

15 Se calculó el forjado en caliente empíricamente co
mo bueno, pasable ó pobre.

20 Se determinó la dureza Rockwell C en condición dura ambos para el máximo obtenible bajo las condiciones de -
tratamiento en calor especificadas y para las muestras prepa
radas para el Taber Met-Abrader.

25 Es significativo tomar nota de que las muestras 12
- 16, 18 y 19, que tenían composiciones similares a los del
acero producto de esta invención pero en que la suma de los
contenidos de carbono y titanio fue inferior a 1,75 % en peso
exhibieron números altos de desgaste inaceptables que va-
riaban entre 13.700 y 49.000. Contrastando con ésto, los ace
ros productos de la invención, en los cuales la suma de los
contenidos de carbono y titanio excedían 1,75 %, exhibieron
un número de desgaste mínimo de 3.000 y un máximo de 11.500.
30 De este modo se encuentra evidente lo crítico de los conteni



dos de carbono y titanio.

TABLA II.

Resistencia a la abrasión, elaboración en caliente y
Propiedades de dureza.

5

10

15

20

25

30

Ejemplo	Nº de desgaste mg/1000 ciclos	Taber Met-Abrader Modelo 500	Forjabilidad en caliente	Endurecido por calor Rockwell C	
				Maximo	Muestra
1 ^{ra}	10,100		Bueno (G)	59	56
2 ^{da}	4,090		G	67	62
3 ^{ra}	3,400		G	67	62
4 ^a	3,000		G	67	62
5 ^a	10,400		G	59	56
6 ^a	4,100		G	60	57
7 ^a	3,100		G	66	61
8 ^a	11,000		G	60	57
9 ^a	9,500		G	59	56
10 ^a	11,500		G	58	56
11 ^a	10,000		G	59	56
12	40,700		G	56	50
13	13,700		G	58	55
14	32,700		G	56	50
15	16,500		G	59	56
16	49,000		G	53	46
17	Sin detrmnar		Pasable	50	Sin determi- nar
18	16,000		G	60	57
19	14,500		G	59	56
20	28,000		Pobre	46	46
21	10,800		"	67	62



TABLA II (Continuación).

Resistencia a la abrasión, elaboración en caliente y
propiedades de dureza.

Ejemplo	Taber Met-Abrader Modelo 500	Forjabilidad en caliente	Endurecido por calor Rockwell C	
			Máximo	Muestra
22	6,100	Pobre	63	60
23	9,400	"	58	55

* Acero producto de la invención.

En los ejemplos 8 y 9 se muestra el efecto sinérgico de silicio sobre la resistencia a la abrasión, donde se obtiene una mejora mediante el incremento del contenido de silicio de 0,42 a 1,62 %, con el resto de los elementos sustancialmente constantes.

El ejemplo 17, que no contiene nada de titanio ni silicio en exceso del 3 % máximo de la presente invención, exhibió sólo un pasable forjado en caliente, y baja dureza. Por estas razones no se determinaron sus resistencias a la abrasión.

Finalmente, es evidente de la Tabla II que la resistencias a la abrasión de los aceros preferidos productos de la invención es por lo menos igual a la de los aceros del arte previo, por ejemplo, la dureza de hierro forjado blanco de cromo-molibdeno y la de los aceros productos de esta invención son aproximadamente iguales. No obstante, según se indicó previamente, el forjado en caliente del hierro forjado blanco de cromo-molibdeno es pobre debido a su alto contenido en carbono, de modo que se puede producir únicamente en forma fundida.



5 Como ejemplo del proceso de un acero de la invención, de composición preferente, en productos de uso último como insertos resistentes a la abrasión, se conformó un lingote cuadrado de 25,4 cm. y de 455 kg., del ejemplo 11 de la Tabla I (prueba 032026) en caliente hasta billetes cuadrados de 10,1 cm., y a continuación en una varilla de 0,63 cm. de diámetro en forma enrollada. La varilla de 0,63 cm. de diámetro se templó y estiró en frío hasta obtener un alambre de 0,597 cm. de diámetro, seguido por un templado a 790°C. El alambre templado se estiró en frío a continuación hasta un diámetro de 0,505 cm., una reducción sustancial de sección transversal que no se podría efectuar en una composición libre de titanio aunque del resto similar. A continuación se templó el alambre de 0,505 cm. de diámetro, se recubrió de cobre, y estiró en frío hasta obtener un alambre de 0,488 cm. de diámetro. Entonces este alambre se elaboró en bandas de tornillos de ruedas que se endurecieron a 1.010°C.

15 De la descripción arriba detallada se apreciará que la presente invención proporciona un procedimiento para obtener productos de acero inoxidable con una cantidad predefinida de partículas de carburo ricas en titanio, de tamaño microscópico, en dispersión uniforme en una matriz martensítica, caracterizado porque comprende las etapas de fundir un acero que tiene la gama amplia de composición arriba detallada, con la suma de los contenidos de carbono y titanio siendo por lo menos 1,75 % en peso, moldear el acero, tratar el acero con calor dentro de la gama de temperatura comprendida entre aproximadamente 870 y 1.235°C, seleccionando la temperatura de modo que cause que una cantidad determinada de carbono se disuelva en dicha matriz y deje el carbono



no disuelto en forma de carburos ricos en titanio, y enfriar el acero a una velocidad como mínimo tan rápida como el enfriamiento en aire sin movimiento, de modo que se obtiene una matriz martensítica de dureza predeterminada. El procedimiento incluye adicionalmente la producción de productos forjados elaborados en caliente y/ó en frío a partir de un acero que contiene aproximadamente entre 0,75 y 10 % de titanio y entre 0,9 y 5,0 % de carbono, con la relación de titanio a carbono siendo inferior a aproximadamente 3,8 : 1, de otro modo teniendo el acero las gamas de composición amplias detalladas anteriormente. La elaboración en caliente y en frío preceden la etapa de tratamiento con calor. Si se efectúa la elaboración en frío, se efectúa preferentemente una etapa de templado después de la etapa de tratamiento con calor.

En la producción de equipos de proceso de materiales, tal como maquinaria para el procesamiento de minerales, se pueden incluir artículos de utilización última tanto moldeados como forjados, y por consiguiente la amplia gama de composición del acero de la invención se considera como pudiendo abarcar tal equipo en su condición de endurecido por calor.

En resumen, la presente invención proporciona un acero forjado el cual, en su condición de endurecido por calor, utiliza una matriz de acero inoxidable martensítica que contiene una dispersión fina uniforme de partículas de carburo de titanio extremadamente duras para conseguir resistencia a la abrasión por lo menos igual a la de las aleaciones del arte previo que están disponibles únicamente en forma moldeada. Adicionalmente, el acero de la invención resiste el deterioro por corrosión y efectos del calor cuando se es-



tén utilizando.

Se pueden efectuar modificaciones sin salirse del espíritu de la invención. Por consiguiente, donde se requiera resistencia a la abrasión extremadamente alta y no se requiera elaboración en caliente y/ó en frío (tal como en el utillaje comercial de tungsteno-carbono donde las partículas de carburo se unen con níquel y/ó cobalto, siendo la proporción de volumen de carburos aproximadamente del 90 %), se pueden sustituir las altas modalidades de carbono y titanio del acero de la invención por aleaciones totales de adición, con el resultado de costo inferior. Para tales aplicaciones, son preferentes los contenidos de 6 - 10 % de carbono y 10 - 18 % de titanio.

N O T A

Descrita suficientemente la naturaleza del invento, así como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas, son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental. También se hace constar que el invento corresponde a una Solicitud de Patente presentada en Norteamérica, con fecha 25 de abril de 1.973, bajo el número 354.243, acogándose por lo tanto a los beneficios que conceden los Convenios Internacionales en vigor, siendo lo que constituye la esencia del referido invento y por lo que se solicita Patente de Invención por 20 años en España, sobre: PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCION DE ACERO INOXIDABLE - ENDURECIDO POR CALOR; caracterizándose por lo siguiente:

1ª.- Procedimiento para la obtención de acero inoxidable endurecido por calor con excelente resistencia a la

McE



abrasión y buena resistencia a la corrosión, con una cantidad predeterminada de partículas de carbono en titanio, de tamaño microscópico, uniformemente dispersadas en una matriz martensítica, caracterizado porque comprende las etapas de:

5 fundir un acero de composición comprendida entre 0,50 y 10 % de carbono, hasta un 1,0 % de manganeso, entre 0,30 y 3,0 % de silicio, entre 11,5 y 18 % de cromo, hasta un 1,0 % de níquel, entre 0,75 y 18 % de titanio, siendo la suma del contenido de carbono y titanio por lo menos igual a 1,75 %, y el

10 resto hierro excepto por trazas de impurezas, siendo todos los porcentajes en peso; moldear dicho acero con calor dentro de la gama de temperaturas comprendidas entre 870 y -- 1.235°C, seleccionando la temperatura de modo que cause que una cantidad predeterminada de carbono se disuelva en dicha

15 matriz y dejar carbono no-disuelto en forma de carburo rico en titanio; y enfriar dicho acero en una proporción como mínimo tan rápida como si se enfriara en aire sin movimiento, con lo que se obtiene una matriz martensítica de dureza predeterminada.

20 2ª.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque dicho acero contiene entre 0,9 y 5,0 % de carbono, y entre 0,75 y 10 % de titanio, siendo la relación de titanio a carbono no superior a 3,8 : 1, e incluyendo la etapa de elaboración en caliente del acero conformado en un

25 producto forjado antes de dicha etapa de tratamiento con calor.

30 3ª.- Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque comprende la etapa adicional de elaboración en frío del producto elaborado en caliente, y templar dicho producto elaborado en frío.

mfe



4ª.- Procedimiento para la obtención de acero inoxidable endurecido por calor, tal y como queda sustancialmente descrito en la presente Memoria.

Esta Memoria consta de 20 hojas escritas a máquina por una sola cara.

5

Madrid

ARMCO STEEL CORPORATION.

I GOMEZ ACEDO Y MODET

p. p. Firmado: L. Gasta Fernández

MCE