

6 JUN. 1965

312296

P - 29.106



A 82725
Case CS-196 EAG(LJR)

MEMORIA DESCRIPTIVA

que se presenta para unir a la solicitud

d e

PATENTE D E INVENCION

formulada el 27 de abril de 1.965, con el nº 312.296

e n

E S P A Ñ A

por VEINTE años .

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

"UN PROCEDIMIENTO PARA HACER UNA ALEACION DE ALCERO"

Este invento se refiere ampliamente a aleaciones de acero que tienen una aplicación mejorada para herramientas, y en particular a aleaciones de acero que poseen una combinación deseable de propiedades que las hacen aptas para su uso en una extensa variedad de aplicaciones en herramientas, pero compuestas no obstante de elementos de aleación en cantidades relativamente modestas, de forma que el coste total del acero es considerablemente menor, por ejemplo, que el de los aceros rápidos para herramientas o el acero de alto contenido en carbono y alto contenido en cromo hasta ahora uti-

5

10



lizados para algunos de los mismos o relacionados fines.

5 Se ha creado un acero que es capaz de ser templado hasta un nivel de dureza relativamente alto, tal como Rockwell "C" 64 ó 65. Antes de este invento, se ha creído generalmente que tales durezas se podían obtener, depen-
diendo del revenido a alta temperatura, solo en los ace-
ros rápidos para herramientas relativamente caros cuyos
aceros contienen molibdeno y/o tungsteno en cantidades sus-
tanciales, por ejemplo con un equivalente de molibdeno (con-
10 tenido en molibdeno mas 1/2 del contenido en tungsteno) dentro del margen de 4,5 a 10%, usualmente de al menos .7%. Es importante comprender que para aplicaciones de corte, incluso aquellas aplicaciones relativamente no severas ta-
les como herramientas para cortar madera, plásticos, me-
15 tales no ferrosos, y acero recocido, así como para machos de roscar puntas de herramienta, fresas y escariadores, es esencial que el acero utilizado sea endurecible hasta al menos Rockwell "C" 63 a 65. Tales durezas solo se han obtenido hasta ahora utilizando aceros rápidos para herra-
20 mientas que cuestan aproximadamente 133,50 pts. por kg. o mas. Se conocen ciertos aceros de trabajo en caliente que cuestan aproximadamente la mitad que los aceros rá- pidos para herramientas antes mencionados y pueden ser tra-
tados térmicamente por temple secundario hasta una dure-
25 za máxima alcanzable de aproximadamente Rockwell "C" 59, pero se acepta generalmente en la industria de aceros pa- ra herramientas que tales aceros no son apropiados para las aplicaciones antes mencionadas. La aleación de acero del invento es apropiada para las aplicaciones de corte
30 antes mencionadas, pero con aproximadamente la mitad del

312296



coste de los aceros rápidos para herramientas.

En la industria de aceros para herramientas, es sabido también que existen otras aplicaciones tales como punzones de trabajo fuerte, árboles para herramientas de carburo, estampas para laminación de roscas, rodillos para molinos Sendzimir, componentes de cojinetes, que requieren un acero templado hasta una dureza Rockwell "C" 62 a 64. Los aceros para estas aplicaciones deben presentar una alta resistencia a la compresión, tal como un límite aparente de elasticidad a la compresión con deformación permanente de 0,2%, de aproximadamente 28.000 kg/cm² o más para Rockwell "C" 64. Tal como se explicará seguidamente de forma más completa, se han efectuado intentos para satisfacer estas aplicaciones utilizando aceros de contenido equivalente de molibdeno relativamente bajo, tal como hasta aproximadamente 1,5%, clasificados en la lista AISI como "aceros de temple al aire", pero los límites aparentes de elasticidad a la compresión deseablemente altos, antes mencionados, no se obtienen con estos aceros. Tales aceros se deben utilizar en estado poco revenido para retener la dureza de Rockwell "C" 62 a 64 y dependiendo de la dirección de los esfuerzos residuales que permanecen en el acero después del tratamiento térmico, se obtienen límites aparentes de elasticidad a la compresión del orden de 17.800 a 23.800 kg/cm². Hasta ahora ha sido necesario aceptar el más bajo rendimiento de las calidades de temple al aire, o si los 28.000 kg/cm² eran esenciales para el rendimiento apropiado de la herramienta, utilizar uno de los aceros rápidos relativamente costosos. La aleación de acero del invento es apropiada para la más severa de las aplicaciones antes men-

5

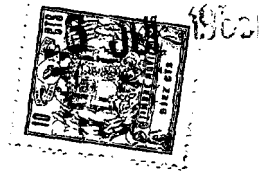
10

15

20

25

30



cionadas, pero es considerablemente menos cara que los aceros de alta velocidad requeridos hasta ahora para un rendimiento optimo en tales aplicaciones.

5 La aleación de acero del invento, se puede utilizar para fabricar cuchillas tales como las de las cizallas para alta temperatura, tajaderas, y cizallas para metal frío. Para este fin, se acostumbra a utilizar aceros de herramientas templados hasta Rockwell "C" 58 a 60. Así, resultará evidente que se ha creado un acero de mayor rendimiento, apropiado para tales usos, pero suficientemente barato para competir con los aceros de equivalente en molibdeno más bajo hasta ahora utilizados para tales fines.

10 La aleación de acero es también útil para fabricar una estampa para la forja de material difícil de forjar. La nueva aleación de acero de aplicaciones múltiples del presente invento compite en este aspecto con un gran número de aceros para estampas de trabajo en caliente y aleaciones para alta temperatura.

20 La aleación de acero del invento es ventajosamente capaz de ser sulfurada para mejorar las propiedades de mecanización fácil.

25 La aleación de acero del invento es capaz de ser laminada hasta la forma de hoja o banda, que puede ser tratada subsiguientemente para darle alta resistencia mecánica para aplicaciones tales como hojas sierra para metales y bandas de sierra de cinta.

Los objetos y ventajas del invento resultarán evidentes a partir de la descripción y reivindicaciones siguientes.

30 De acuerdo con el invento se ha creado un procedimiento



to para fabricar una aleación de acero con aplicación mejo-
rada a herramientas, cuyo procedimiento comprende añadir a
la aleación una cantidad de tungsteno que es eficaz para
inhibir la formación de granos a una temperatura de auste-
nitización o revenido austenítico de aproximadamente 1.120°C.

5

Se ha encontrado, por ejemplo, que la adición de pe-
queñas cantidades de tungsteno, tales como aproximadamente
0,20%, a aceros semi-rápidos, particularmente a los aceros
que contienen por debajo de 1,5% de vanadio, evitará el cre-
cimiento del grano del acero durante la austenitización y la
consiguiente fragilidad que hasta ahora había impedido que
el acero semi-rápido encontrara una utilización extensa. En
un aspecto preferido más limitado, se crea un acero semi-
rápido con un contenido crítico y sustancial de silicio,
aproximadamente del 2%, suficiente para mejorar la dureza
por temple pero no suficiente para producir el crecimiento
de los granos. En sus aspectos más limitados, el invento com-
prende aceros del carácter antes indicado, con pequeñas adi-
ciones de titanio y/o azufre, para los fines anteriormente
citados.

10

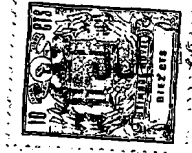
15

20

La aleación de acero que tiene una mejora aplicación
para herramientas, producida por el procedimiento anterior
contiene una composición química tal como se indica en la ta-
bla siguiente en que, como en el resto de la memoria y rei-
vindicações, los números se refieren a porcentajes en pe-
so.

25

312296



T A B L A

<u>Elemento</u>	<u>Margen amplio</u>	<u>Margen intermedio</u>	<u>Margen preferido</u>
Carbono	0.85 a 1.30	0.90 a 1.20	1.10 a 1.15
Silicio	Hasta 2.5	1.50 a 2.5	1.8 a 2.2
Cromo	2.5 a 5.5	2.5 a 5.0	3.75 a 4.25
Vanadio	0.75 a 1.5	1.0 a 1.3	1.00 a 1.25
Tungsteno	0.015 a 0.5	0.12 a 0.5	0.25 a 0.50
Molibdeno	2.0 a 5.0	2.00 a 3.00	2.25 a 2.75
Manganeso	Hasta 1.0	Hasta 0.6	0.20 a 0.40
Azufre	Hasta 0.35	Hasta 0.20	Hasta 0.20
Titanio	Hasta 0.4	Hasta 0.4	0.15 a 0.35
Hierro	El resto, sustancialmente	El resto, sustancialmente	El resto, excepto impurezas accidentales en cantidades menores que no afectan perjudicialmente las propiedades.

Razones para la composición

Con contenidos de carbono menores de aproximadamente 0,90%, la dureza secundaria alcanzable es demasiado baja. Con mas de aproximadamente 1,25 o 1,30% de carbono, el acero contiene cantidades excesivas de austenita retenida y por consiguiente no endurecible hasta los altos niveles de resistencia mecánica deseado. En general se prefieren contenidos de carbono más bajos de 1,25%, a causa de que el carbono disminuye la temperatura "solidus" (la temperatura de fusión incipiente) y por lo tanto contribuye también a la probabilidad del desarrollo de una estructura de grano grueso durante la austenitización.

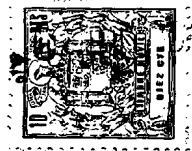
392236



Se ha creído generalmente que los aceros que contienen cantidades sustanciales de silicio muestran dos desventajas notorias; menor limpieza y mayor tendencia a perder el carbono superficial durante el tratamiento térmico. Se ha descubierto, sin embargo, que los aceros del presente invento no presentan ninguna de las desventajas antes mencionadas. Se ha descubierto también que con contenidos de silicio de menos de aproximadamente 1,50%, la dureza secundaria alcanzable es menor en aproximadamente 1,5 puntos Rockwell "C", pero con contenidos de silicio mayores de aproximadamente 2,5%, los aceros tienden a desarrollar una estructura de grano grueso cuando son austenitizados a temperaturas de 1.093°C aproximadamente y son por consiguiente quebradizos.

15 Cuando el contenido de cromo es demasiado bajo, el acero carece de una capacidad de temple, adecuada, mientras que si el contenido de cromo es demasiado alto, la transformación de austenita durante el tratamiento térmico es demasiado alto, la transformación de austenita durante el tratamiento térmico, tiende a resultar lenta; además, con altos contenidos de cromo, el coste del acero resulta aumentado sin que se añada un beneficio sustancial de las propiedades.

25 En línea con el objetivo de crear un acero de aplicaciones múltiples, es deseable para determinados fines que el acero presente una resistencia sustancial al desgaste, y, por consiguiente, es altamente deseable que el acero contenga al menos aproximadamente 0,75%, preferiblemente 1,0% de vanadio, ya que se observa una resistencia más baja al
30 desgaste si el contenido de vanadio es menor. El acero re-



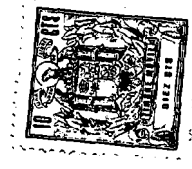
sulta bastante difícil de pulir si el contenido de vanadio rebasa los límites superiores antes especificados, pero la idea general de añadir tungsteno en pequeñas cantidades para el afino del grano es aplicable con aceros que contienen hasta aproximadamente 2% de vanadio. Los aceros que contienen más de 2% de vanadio tienen usualmente suficientes carburos de aleación para que la formación de granos gruesos por austenitización no sea un serio problema.

Se observan dificultades sustanciales de diversas clases (austenita retenida, fragilidad, etc.) si se deja que el contenido de manganeso rebase el límite superior antes especificado.

Se ha observado, en cierto modo de forma sorprendente, que si el contenido en tungsteno es dejado disminuir por debajo de aproximadamente 0,10 o 0,15%, el acero tiende a desarrollar un tamaño de grano grueso por austenitización, que conduce a la fragilidad en el acero tratado térmicamente. Cuando el acero contiene menos de aproximadamente 0,015% de tungsteno, se observa un tamaño de grano grueso, incluso con temperaturas de austenitización tan bajas como 1.093°C. No se requieren cantidades de tungsteno mayores de aproximadamente 0,5%, al no justificar los beneficios añadidos por tales contenidos altos en tungsteno, el coste aumentado que necesita su inclusión.

Aunque para la mayor parte de los fines es satisfactorio un acero que no contiene por encima de aproximadamente 0,025% de azufre, puede ser deseable en determinados casos añadir hasta 0,35% de azufre, para comunicar propiedades de fácil mecanización. En general, si se desea un acero de fácil mecanización, se puede obtener una mejora

3-2206

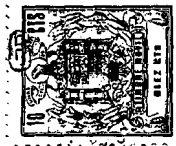


adecuada de las propiedades de mecanización con una adición de azufre ligeramente menor del 0,15%, de forma que para la mayor parte de los fines no se requieren adiciones, mayores, y se deben evitar en cualquier caso adiciones por encima de aproximadamente 0,35% a causa de que hacen al acero quebradizo y difícil de trabajar en caliente.

Con bajos contenidos en molibdeno, la dureza secundaria (dureza despues del temple y revenido) es baja. En su aspecto más amplio, este invento es aplicable con aceros que contienen hasta 5% de molibdeno, pero con contenidos en molibdeno mayores que 3% aproximadamente, los beneficios obtenidos no justifican usualmente el coste añadido.

Aunque las adiciones de titanio no son absolutamente necesarias, se prefiere añadir aproximadamente 0,20% de titanio o ligeramente más, para aumentar la resistencia al desgaste y reforzar la resistencia a la formación de estructura de grano grueso por austenitización. Se prefiere también, sin embargo, no añadir más que el límite superior de titanio antes especificado, a causa de que en este punto la adición del titanio resulta difícil de controlar, y la adición de nuevas cantidades no dá un beneficio sustancial a las propiedades que justifique la adición. Para aplicaciones de cojinetes, se prefiere un acero exento de titanio fundido en vacío.

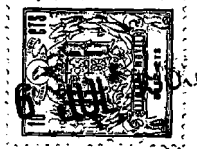
Cae dentro del alcance del invento añadir pequeñas cantidades de otros elementos, entre los cuales se pueden mencionar fosforo, cobre, niquel, columbio, tantalo, boro, hafnio, circonio, nitrogeno, uranio, telurio, bismuto, y los elementos de tierras raras, para fines especiales. Pue



den presentarse impurezas usuales de acereria o elementos
captadores de oxígeno, tales como azufre, fósforo, níquel,
cobre, estaño, arsenico, hidrogeno, etc., en cantidades
usuales no incompatibles con la buena práctica de acere-
ría, y por lo demás el resto del acero es hierro.

Tratamiento térmico:

Se sobreentenderá que el tratamiento termico a utili
zar con el acero de este invento dependerá de una variedad
de factores, incluyendo (1) el uso proyectado del acero, (2)
el tamaño de la sección, (3) la dureza a desarrollar y (4) la
composición química exacta del acero. En general, sin em-
bargo, el acero es tratable termicamente a la dureza máxima
utilizando una temperatura de austenitización de aproxima-
damente 1.066°C a 1.120°C, preferiblemente aproximadamente
1.093°C, seguido por un templado doble o triple, de aproxi-
madamente 2 + 2 horas o de 2 + 2 + 2 horas a una temperatu-
ra de aproximadamente 510°C a 552°C, preferiblemente aproxi-
madamente 524°C o 538°C. Cuando se utilizan temperaturas de
austenitización superiores tales como 1.135°C o superiores,
los aceros tienden a desarrollar un tamaño de gran duplica-
do (es decir, que tienden a formarse algunos granos, grue-
sos originando fragilidad en el producto). Con temperaturas
de austenitización mas bajas, sin embargo, no se disuelve
una cantidad suficiente de los carburos en el acero y con-
secuentemente el acero muestra menos respuesta al temple se-
cundario. En vista de la impotancia, en ciertas aplicaciones,
de obtener una dureza maxima, es esencial que la disolución
sustancialmente en equilibrio de los carburos en la matriz
se logre durante la austenitización, ya que de otra manera

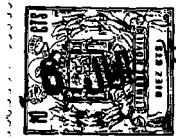


la respuesta al temple secundario será inadecuada para lograr los niveles de alta resistencia mecánica deseados. Para alcanzar niveles de dureza mas bajos deseados, será deseable utilizar temperaturas de austenitización mas bajas del orden de 982°C, y someter a revenido a temperaturas algo mayores, tales como 565°C a 620°C, tal como se indicará mas particularmente seguidamente en la sección encabezada "resultados".

Se ha descubierto también que para crear aceros para una aplicación particular, a saber espigas para herramientas con punta de carburo de tungsteno, es deseable precalentar la herramienta durante aproximadamente un minuto a aproximadamente 549°C, antes de aplicar el calor de soldadura fuerte de aproximadamente 705°C, para impedir un excesivo reblandecimiento del acero de espiga.

Resultados:

La respuesta al revenido de un acero de acuerdo con nuestro invento está indicada en la tabla I siguiente: El acero tiene la siguiente composición química: 1,12% de carbono, 0,3% de manganeso, 1,95% de silicio, 3,87% de cromo, 1,09% de vanadio, 0,30% de tungsteno, 2,59% de molibdeno, 0,15% de titanio y el resto hierro excepto las impurezas incidentales . Se prepararon probetas de tamaño de laboratorio (aproximadamente 15,5 mm. de sección cuadrada por 12,5 mm. de largo) a partir de un tratamiento termico del acero en horno de inducción por aire de 900 kg. Las probetas fueron austenitizadas durante 4 minutos a la temperatura indicada, enfriadas con aire a la temperatura ambiente, ensayadas en cuanto a la dureza y tamaño de grano, reveni-



das tal como se indica y nuevamente ensayadas en cuanto a durezas.

T A B L A

5

Dureza, R_c

	Temp de aust. °C	Tamaño de grano de Snyder-Graff	Enfría do por aire	Revenido 538°C 2+2 horas	Revenido 538°C 2+2+2 horas	Revenido 552°C 2 + 2 horas
10	1038	17	66.0	59	59.5	58-5
	1066	17	64.5	62.0	62.5	61.5
	1093	16	64.0	64.0	64.5	63.5
	1107	15	61.0	65.0	65.0	--
	1120	13	62.5	64.8	65.0	64.0
15	1135	13++	59.0	64.3	65.2	--
	1149	11++	58.0	64.3	65.0	64.5+

+ Triplemente revenido a 552°C, 2 + 2 + 2 + horas

++ Tamaño de grano duplicado observado

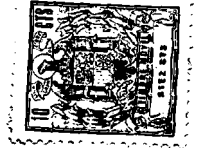
20

Con pequeños tamaños de sección, tales como hasta aproximadamente 100 mm., las durezas de revenido a una temperatura de austenitización dada son esencialmente las mismas, ya sea enfriado con aire el acero (tal como es usual para aplicaciones tales como rodillos o estampas de laminación de roscas), ya sean enfriados con aceite (tal como es usual para herramientas de corte).

25

La utilización de temperaturas de austenitización mayores que aproximadamente 1120°C, es generalmente indeseable. Los anteriores resultados indican que con tales temperaturas de austenitización el tamaño de grano Snyder-Graff

30



puede resultar mas grueso que el que se tolera de acuerdo con las normas comerciales, y la resistencia al impacto desciende apreciablemente. Ademas, el acero tiende a contener austenita retenida despues del revenido salvo que se utilice una practica de revenido relativamente severa, tal como un triple revenido durante 2 horas cada vez a 565°C, pero se pueden obtener durezas iguales o superiores, por ejemplo, por doble revenido durante dos horas cada vez a 538°C, si se utiliza una temperatura de austenitización mas baja y el acero es completamente martensitico cuando es asi revenido.

Otra condición de los aceros para aplicaciones de herramientas de corte es una resiliencia adecuada (resistencia al impacto). Estos nuevos aceros poseen esta condición; tal como se indica por los resultados seguidamente presentados en la tabla II. Unas probetas para resiliencia con entalla C Charpy fueron mecanizadas de forma basta a partir de un material de barra recocido que tenia la composición química antes mencionada, fueron austenitizadas y revenidas tal como se indica más abajo y ensayadas a la temperatura ambiente y a 538°C, Las probetas de entalla-C fueron preparadas tal como se describe en el articulo "C-Notche Impact Test for Steel at High Hardnesses" por G. Steven y J.R. Handyside, en Proceedings of the American Society for Testing Materials, 1963. Tal como resultará evidente, los valores de resistencia al impacto mayores se obtienen con durezas mas bajas, y viceversa, y solamente los valores para las probetas austenitizadas a 1.093°C y 1121°C y triplemente revenidos, son caracteristicos de los aceros de este invento tratados termicamente hasta alta dureza para su uso en aplicaciones de corte, pero el valor obtenido, 1,35 a 1.75 m. kg.



es adecuado para un acero para tales fines.

TABLA II

	Temp. aust. y tiempo	Temp. de revenido 2 ± 2 horas	Dureza R _c	Resistencia al impacto Charpy con entalla C, m.-kg.	Temp. ambiente
				538°C	
5	927°C	510	60	1,90	--
	1 h.	621	49	3,67	--
		649	42 a 44	5,03	7,07
10	982	538	60 a 61	2,38	--
	1 h.	621	50 a 51	4,2	5,30
		649	44 a 45	5,4	--
	1037°C	566	60	2,58	4,08
	1 h.	579	50 a 51	3,80	--
15		660	45	5,57	--
	1093°C	538	65	1,36	--
	4 min.				
	1093°C	538	64	1,77	--
	4 min.				
20	1120°C	551	64	1,49	--
	4 min.				

☛ Triplete revenido a la temperatura indicada, 2 horas cada vez

25

☛ ☛ Todas las probetas fueron enfriadas con aire excepto las marcadas "O" que fueron enfriadas con aceite.

El acero de este invento trabaja satisfactoriamente en muchas aplicaciones de corte no tan rigurosas que requieran el uso de acero rápido. Por ejemplo, en un ensayo de vi-

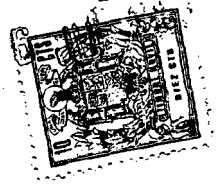
30

312296



da de herramienta, mecanizando acero AISI tipo H-13 de Rockwell "C" 30, a una velocidad periférica de 19,5 m. por minuto en corte en un torno de una sola punta bajo una fuerte corriente de aceite de corte soluble, con una profundidad de corte de 1,575 mm y una velocidad de 0,25 mm. por revolución, una herramienta de la composición de acero antes citada, tratada térmicamente por austenitización durante 4 minutos a 1.120°C, y seguidamente por revenido hasta Rockwell "C" 65,0, mostró una vida de 49 minutos. Mecanizando acero AISI tipo 4340 de Rockwell "C" 20 a 21 m. por minuto de velocidad periférica, siendo las otras condiciones las mismas, la herramienta mostró una vida de 37,3 minutos. En otros ensayos sobre acero AISI tipo 4340, siendo las mismas las condiciones, excepto el tratamiento térmico de la herramienta, se obtuvieron resultados similares; con una temperatura de austenitización de 1093°C y una dureza de revenido de Rockwell "C" 63,7 se observaron vidas de 31,2 minutos y 27,4 minutos, y con una temperatura y tiempo de austenitización de 1066°C y 30 minutos y una dureza de revenido de Rockwell "C" 64,0, se observaron vidas de 38,0 minutos y 29,4 minutos. Estos resultados son impresionantes en vista de resultados comparativos con dos aceros rápidos comerciales, templados convencionalmente y utilizados para mecanizar acero AISI tipo 4340 de Rockwell "C" 20 y 21 m. por minuto de velocidad periférica; estos aceros rápidos comerciales son aproximadamente el doble de caros que el acero de este invento, pero muestran vidas medias de herramienta de 35 minutos y 40 minutos.

Los precedentes resultados muestran que este nuevo



acero, cuando es tratado térmicamente de forma apropiada, es capaz de desarrollar la alta dureza requerida (aproximadamente Rockwell "C" 63 a 65) para el uso en herramientas de corte que requieren menos de las muy altas durezas (R_c 66 y superiores) que se pueden lograr solo con los caros aceros rápidos. Este nuevo acero cumplimenta también las exigencias de tamaño de grano fino, de estar exento de austenita retenida, y adecuada resistencia al impacto y, tal como se muestra anteriormente, proporciona en determinadas aplicaciones una vida de herramienta suficiente para reducir el coste de determinadas operaciones de corte en que hasta ahora se han utilizado aceros rápidos convencionales.

Este nuevo acero es también útil para aplicaciones que requieren un acero que muestre un alto límite aparente de elasticidad a la compresión tal como aproximadamente 28.00 kg/cm² o más, a una deformación permanente de 0,2%, cuando es tratado térmicamente a una dureza dentro del margen de Rockwell "C" 62 a 64. Se prepararon muestras de 12,5 mm. de diámetro por 37,5 mm. de largo, se trataron térmicamente tal como se indica más abajo, y se ensayaron, presentándose los resultados en la tabla III.

312296



TABLA III

5	Tratamiento de temple	Dureza R _c	Límite aparente de elasticidad a la compresión a 0,2% de deformación permanente, kg/cm ² .
10	1093°C, 4 minutos enfriamiento con aire,	64	28.035
	538°C, 2 + 2 + 2 horas		
	1120°C, 4 min. de enfriamiento con aire,		
	538°C, 2 + 2 + 2 horas	64	28.070

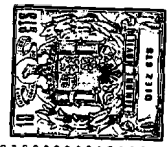
15 Los valores de límites aparentes de elasticidad observados son buenos, rebasando grandemente los valores de 16800 a 23800 kg/cm² obtenidos con los aceros de temple al aire AISI tipo A2 y D2, respectivamente, tratados termicamente hasta aproximadamente Rockwell "C" 63 de la manera convencional para tales aceros, y se aproximan a los valores de 29.400 y 28910 kg/cm² para aceros AISI tipos M1 y M2 convencionalmente templados, respectivamente.

20

25 De la tabla II anterior, resultará evidente que este nuevo acero puede ser tratado termicamente hasta un nivel de dureza de aproximadamente Rockwell "C" 58 a 60, para su uso como acero para cuchillas.

30 Como material de estampa para forjar metales de alta resistencia, este nuevo acero debe mostrar una combinación de resistencia al desgaste, resistencia al impacto, y resistencia por revenido. Los datos de resistencia al impacto y

312296



resistencia por revenido se presentan en la tabla II. Se han efectuado ensayos comparativos de resistencia al desgaste, cuyos resultados se presentan seguidamente en la tabla IV. El procedimiento utilizado en estos ensayos, comprendía cargar estáticamente una probeta de ensayo cilíndrica enfriada con agua frente a la superficie metalográficamente pulida de un cilindro de carburo de tungsteno hecho girar a 875 rpm. El volumen de la probeta erosionado después de un número preseleccionado de ciclos se puede calcular por mediciones precisas de la profundidad de la huella de desgaste sobre la probeta, y esto proporciona una medida del rendimiento del acero en una aplicación que requiere resistencia al desgaste. Con números de revoluciones hasta de 800.000, los resultados para los diversos aceros ensayados representando el volumen de desgaste en ordenadas en función del número de revoluciones en abscisas, produjeron una familia de líneas esencialmente rectas, conformes a la ecuación

20 $V = (C) (R)$, en que
V = volumen de desgaste ($\text{cm}^3 \times 10^{-9}$)
R = número de revoluciones
C = coeficiente de desgaste para el acero ensayado.

25 Los valores de los coeficientes observados en ensayos comparativos aparecen en la tabla IV, en que los números más bajos indican mejor resistencia al desgaste.

3 2 2 0 0



T A B L A IV

	<u>Acero</u>	<u>Dureza</u>	<u>Coefficiente</u>
	Este invento	63.5	49'16
5	AISI tipo M-2	63 a 65	31'47
	AISI tipo D-2	64	63'09
	AISI tipo M-1	64	49'16
	AISI tipo A-2	63	47'52

10 Se efectuaron ensayos para investigar la aptitud del
acero de este invento para la mecanización, sin mezcla y sul-
furizado para mejorar la aptitud para la mecanización, en
comparación con la de otros aceros rápidos y de temple al
aire. Las probetas de ensayo eran barras recocidas del ace-
15 to de 19 mm. de espesor, y se observó en cada caso el tiem-
po requerido para penetrar en el acero 6,35 mm. utilizando
una fresa de 6,35 mm. de 82 kg. de empuje y 460 rpm. Se to-
mó acero AISI tipo M-2 como patrón, y en cada caso el tiempo
observado se dividió por el tiempo requerido para la pene-
20 tración del acero tipo M2 y seguidamente se multiplicó por
100 para proporcionar una clasificación de aptitud para la
mecanización.

Los resultados aparecen seguidamente en la tabla V.

312296



T A B L A V

Acero	Composición	Dureza BHN	Aptitud para la Mecani- zación
5	Este inven- to, sin mezcla	1.12C, 0.3Mn, 1.95Si, 3.87Cr, 1.09V, 0.3W, 2.59Mo, 0.15Ti	229 115
	Este inven- to, sulfu- rizado	1.12C, 0.3Mn, 1.98Si, 3.95Cr, 1.09V, 0.19W, 2.53Mo, 0.19Ti, 0.13S	229 152
10	AISI tipo M2	0.85C, 0.3Mn, .3Si, 4.15Cr, 1.95V, 6.4W, 5.0Mo	217 100
	AISI tipo M2-S	0.85C, 0.3Mn, 0.3Si, 4.15Cr, 1.95V, 6.4W, 5.0M, 0.15S	217 130
	AISI tipo A-2 sulfu- rizado	1.0C, 0.7Mn, .3Si, 5.25Cr, 0.3V, 1.15Mo, 0.15S	223 138

15 Los anteriores resultados demuestran la amplia utili-
dad y diversidad de aplicaciones de los nuevos aceros semi-
rápidos de nuestro invento. Se observará, sin embargo, que
los datos anteriores están limitados a resultados con ace-
ros de dos composiciones químicas dadas, representadas en la
20 siguiente tabla VI como aceros 63-293 y 63-294, juntamente
con otros aceros que se han ensayado y otros aceros conoci-
dos en la técnica anterior. En la tabla, los aceros designa-
dos por la clase 360 hasta la clase 368, ambas inclusive,
son aceros semi-rápidos descritos en "Tool Steels", por
25 G.A.Roberts y otros, pag. 415 y siguientes (3ª edición, pu-
blicado por American Society for Metals, Metals Park, Ohio,
1962). Tal como está precisado por Roberts y otros, los ace-
ros semi-rápidos conocidos antes de este invento tienen la
desventaja de que para evitar un crecimiento de grano inde-
30 seable durante la austenitización, deben ser austenitizados



a temperaturas por debajo de las que producen las mayores durezas por revenido. Roberts, y otros atribuyen el rapido crecimiento del grano de tales aceros a que éstos tienen un contenido inferior de carbono de aleación al de los ver-
5 daderos aceros rápidos, y no sugieren ninguna manera de su-
perar esta desventaja que ha impedido que los aceros semi-
rápidos conocidos tengan una amplia utilidad. La inspec-
ción de la siguiente tabla VI revela que los aceros 63-293
y 63-294 difieren de los aceros designados por la clase
10 360 hasta la clase 368, ambas inclusive, en dos aspectos
principales: (1) mayor contenido de silicio y (2) adición
necesaria de una pequeña cantidad de tungsteno. Una ense-
ñanza nueva inesperada y principal, de acuerdo con este
invento, es que el problema del crecimiento del grano en
15 tales aceros se puede superar con una pequeña adición de
tungsteno por ejemplo de aproximadamente 0,1 a 0,5%, o li-
geramente mas si se desea. Otra enseñanza inesperada es que
contrariamente a la creencia general de que mayores conte-
nidos de silicio en tales aceros son perjudiciales en lo
20 que se refiere a la limpieza y a la tendencia a descarbu-
rarse y sin beneficios compensadores, se ha descubierto
que un acero semi-rápido tratado con tungsteno puede ser
mejorado en lo que respecta a la dureza alcanzable después
del revenido por adición de una cantidad sustancial de si-
25 licio, tal como 1,5 a 2,5%. Esta adición de silicio, jun-
tamente con la solución del problema del tamaño de grano,
proporcionada por la pequeña adición de tungsteno, produ-
ce un acero que posee las propiedades combinadas requeri-
das en un acero para reemplazar a los verdaderos aceros rá-
30 pidos en una extensa variedad de usos.

312290

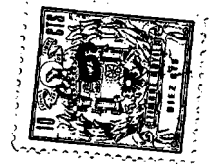
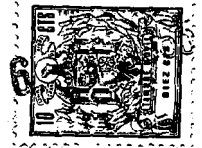


TABLA VI

<u>Acero</u>	<u>C</u>	<u>Mn</u>	<u>Si</u>	<u>Cr</u>	<u>V</u>	<u>W</u>	<u>Mo</u>	<u>Ti</u>	<u>S</u>
63-293	1.12	0.27	1.95	3.87	1.07	0.30	2.59	0.15	--
63-294	1.12	0.30	1.98	3.95	1.09	0.19	2.53	0.19	--
Clase 360	0.80	0.25	0.25	4.00	1.10	--	4.25	--	--
Clase 361	0.90	0.25	0.25	4.00	1.90	--	4.25	--	--
Clase 362	1.20	0.25	0.25	4.00	3.15	--	4.25	--	--
Clase 363	1.40	0.25	0.25	4.00	4.15	--	4.25	--	--
Clase 364	0.95	0.25	0.25	4.00	2.30	2.80	2.50	--	--
Clase 365	0.90	0.25	0.25	4.00	2.25	1.00	2.00	--	--
Clase 366	1.20	0.25	0.25	4.00	2.90	1.40	1.60	--	--
Clase 367	0.95	0.25	0.25	4.00	2.20	1.90	1.10	--	--
Clase 368	1.10	0.25	0.25	4.00	4.00	2.50	2.60	--	--
62-153	1.22	0.45	1.94	5.04	1.15	0.003	1.74	--	--
62-147	1.01	0.28	0.26	3.41	1.15	0.003	2.73	--	--
62-149	0.99	0.30	2.10	3.43	1.15	0.02	2.61	--	--
64-7	1.09	0.33	2.07	2.77	1.12	0.24	2.58	0.24	--
63-363	1.12	0.34	2.05	3.74	1.25	0.009	2.47	0.23	--
63-366	1.08	0.32	3.03	4.07	1.15	0.012	2.50	0.23	--

En la presente tabla, los aceros 63-293, 63-294, 62-153, 62-147, 62-149 y 64-7 se consideran comprendidos dentro del alcance del invento en su aspecto más general y las



restantes aleaciones se exponen con fines de comparación.

El efecto de la adición de tungsteno sobre el tamaño de grano se representa en la tabla VII siguiente:

5

T A B L A VII

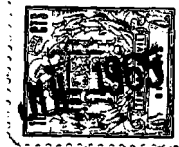
	<u>Acero</u>	<u>Tamaño de grano Snyder-Graff con temperatura de austenitización en °C de</u>					<u>Porcentaje de tungsteno</u>
		<u>1066</u>	<u>1093</u>	<u>1121</u>	<u>1135</u>	<u>1149</u>	
10	63-293	--	16	15	13	12.0	0.30
	63-294	--	16	15	13 [‡]	--	0.19
	64-7	17	16	13	11 [‡]	2	0.24
	62-149	--	18	17	--	11	0.02
	63-363	17	9	3	3	--	0.009
15	63-366	7	3	2	2	--	0.012
	62-147	--	13	13	--	11	0.003
	62-153	--	16	7	--	7	0.003

‡ Tamaño de grano duplicado observado

20

Los precedentes datos revelan que sin una determinada cantidad crítica y eficaz de tungsteno, aproximadamente de 0,015%, o mas, el tamaño de grano por austenitización a 1121°C resulta indeseablemente grueso (inferior a 12). Temperaturas mayores de austenitización producen tamaño de grano mas grueso, y en general los aceros de este invento se limitan a temperaturas de austenitización de 1121°C o menos. Tal como lo indican los resultados con el acero 63-293, sin embargo, algunas veces puede ser posible utilizar temperaturas de austenitización de 1149°C o posiblemente mayores especialmente si se utiliza una pequeña y esencial adición de tungsteno, tal

30



como aproximadamente 0,30%. Adiciones de mas de aproximadamente 0,50% están contraindicadas teniendo en cuenta su costo.

5 El acero 62-147 mostró un tamaño de grano fino a pesar de su bajo contenido en tungsteno, pero se cree que ésto es atribuible al menos en parte al bajo contenido en silicio del acero. En cualquier caso, adiciones de pequeñas cantidades de tungsteno, tales como 0,015% o más, sirven para asegurar contra el desarrollo de granos gruesos durante la austenitización, y como se demostrará seguidamente se requiere una adición de silicio (en una cantidad que hace necesaria tal adición de tungsteno) para un acero de versatilidad optima.

10 El acero 63-366 contenia también silicio en un alto nivel (3,0%) y los resultados muestran que éste presentaba un tamaño de grano grueso con una temperatura de austenitización tan baja como 1066°C. Por ésto, es esencial que los aceros del invento no contengan silicio por encima de aproximadamente 2,5%.

20 El efecto de la adición de silicio sobre la dureza al canzable despues del revenido se muestra en la tabla VIII siguiente.

312206



TABLA VIII.

Acero	C	Mn	Si	Cr	V	W	Mo	Ti
62-147	1.01	0.28	0.26	3.41	1.15	0.003	2.73	--
63-365	1.16	0.31	0.88	3.93	1.12	--	2.54	0.20
63-293	1.12	0.27	1.95	3.87	1.07	0.30	2.59	0.15
63-364	1.11	0.35	1.98	4.74	1.28	0.011	2.50	0.23
62-149	0.99	0.30	2.10	3.43	1.15	0.02	2.61	--
63-366	1.08	0.32	3.03	4.07	1.15	0.012	2.50	0.23

Tratamiento térmico 1- Austenitizado 1066°C, revenido 538°C, 2+2+2 horas.
 Tratamiento térmico 2- austenitizado 1093°C, revenido 538°C, 2+2+2 horas.
 Tratamiento térmico 3- austenitizado 1120°C, revenido 538°C, 2+2+2 horas.

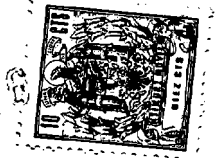
Dureza, R_c despues de tratamiento térmico

	1	2	3
	61.5	62.0	63.0
	62.5	--	63.5
	62.5	64.0	64.5
	63.0	--	64.5
	63.0	64.0	64.5
	61.5	--	63.5

312296

312296

25 bis

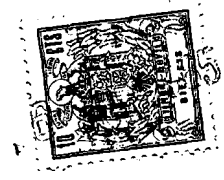


Los anteriores resultados muestran que con un contenido en silicio menor que aproximadamente 1,75%, la dureza alcanzable es menor, aproximadamente en 1,5 o 2 puntos Rockwell "C", que con tal contenido en silicio. Esta diferencia parece pequeña, pero en una aplicación de corte que requiere una dureza de Rockwell "C" 64 ó 65, es necesaria la adición de al menos aproximadamente 1,50% de silicio. y por consiguiente es un aspecto decisivo de la realización preferida de nuestro invento el hecho de que el acero contenga aproximadamente 1,75 a 2,5% de silicio. El límite superior de silicio es decisivo a causa de la tendencia al crecimiento de grano del silicio, antes mencionada.

Observaciones diversas

El término "acero semi-rápido" aquí utilizado se desea que signifique un acero que tenga todas las características siguientes:

- (1) Un contenido en carbono de 0,75 a 1,30%;
- (2) Un contenido en tungsteno hasta de 1,0%;
- (3) Un contenido en molibdeno de 2 a 5%;
- (4) Un contenido de equivalente de molibdeno (contenido en molibdeno + $\frac{1}{2}$ del contenido en tungsteno) de 2 a 5%;
- (5) Un contenido en manganeso hasta de 1%;
- (6) Un contenido en silicio hasta de 2,5%;
- (7) Un contenido en cromo de 2,5 a 5,0%;
- (8) Un contenido en vanadio de 0,75 a 2%;
- (9) Un contenido en titanio hasta de 0,4%;
- (10) El resto sustancialmente hierro.
- (11) La capacidad de ser tratado termicamente hasta una dureza de trabajo de Rockwell "C" 60 o mas, por



austenitización a 1066°C-1149°C y subsiguientemente revenido doble o triple, de aproximadamente 2 + 2 o de 2+2+2 horas a una temperatura de aproximadamente 510°C a 593°C.

5 La presente solicitud que corresponde a la presentada en los Estados Unidos de América, con fecha 30 de abril de 1.964, bajo el número 363.980, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

10

N O T A

15

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:

20

1.- Un procedimiento para hacer una aleación de acero que tiene una aplicación mejorada para herramientas y que contiene no más de 5% de cromo, 5% de molibdeno, 2% de vanadio, y 0,4% de titanio, comprendiendo el procedimiento incorporar a la aleación una cantidad de tungsteno de 0,015 a 0,50% para inhibir la formación de granos gruesos a una temperatura de austenitización de aproximadamente 1.120°C.

25

2.- Un procedimiento según la reivindicación 1, en el que se incluye en la aleación silicio en una cantidad eficaz para elevar la dureza de revenido a un valor Rockwell "C" de aproximadamente 1,5 puntos o más alto que el que puede obtenerse en un acero que tiene una composición química por

30

312296



lo demás igual, pero que contiene aproximadamente 0,30% de silicio.

3.- Un procedimiento según la reivindicación 2, en el que la aleación contiene de 1,75 a 2,5% de silicio.

4.- Un procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 caracterizado porque se mezclan de 0,015 a 0,5 % de tungsteno, de 0,85 a 1,3 % de carbono, hasta 2,5 % de silicio, de 2,5 a 5,0 % de cromo, de 0,75 a 1,5 % de vanadio, de 2,0 a 5,0 % de molibdeno, hasta 1,0 % de manganeso, hasta 0,35 % de azufre, hasta 0,4 % de titanio, y el resto sustancialmente hierro.

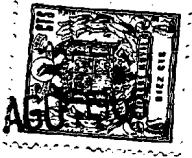
5.- Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque se mezclan de 0,12 a 0,5 % de tungsteno, de 1,50 a 2,5 % de silicio, de 0,90 a 1,20 % de carbono de 2,5 a 5,0 % de cromo, de 1,0 a 1,3 % de vanadio, de 2,0 a 3,0 % de molibdeno hasta 0,6 % de manganeso hasta 0,20 % de azufre hasta 0,4 % de titanio, y el resto sustancialmente hierro.

6.- Un procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque se mezclan de 0,25 a 0,50% de tungsteno, de 1,8 a 2,2% de silicio, de 1,10 a 1,15% de carbono, de 3,75 a 4,25% de cromo, de 1,00 a 1,25% de vanadio, de 2,25 a 2,75% de molibdeno, de 0,20 a 0,40% de manganeso hasta 0,20% de azufre, de 0,15 a 0,35% de titanio, y el resto de hierro, excepto las impurezas accidentales en cantidades secundarias que no afectan perjudicialmente a las propiedades.

7.- Un procedimiento para hacer una aleación de acero.

tal y como se ha descrito en la memoria que antecede-

31



de y para los fines especificados.

Esta Memoria consta de veintinueve hojas, escritas a máquina por una sola de sus caras.

Madrid,

31 AGO 1965

P. A.

[Handwritten signature]
Fco. Páez

742230