



ES 11 21 22 A3
NUMERO 463513
FECHA DE PRESENTACION 25 OCT. 1977

CONCEDIDA

PATENTE DE INTRODUCCION

47 FECHA DE PUBLICIDAD	51 CLASIFICACION INTERNACIONAL C22C
------------------------	--

54 TITULO DE LA INVENCIÓN PROCEDIMIENTO PARA LA PRODUCCION DE UN ACERO INOXIDABLE AUSTENITICO.

56 PATENTE EXTRANJERA U OTRA FUENTE DE INFORMACION 28.772 13.4.76 EE.UU. de A.

71 SOLICITANTE (S) ARMCO STEEL CORPORATION

DOMICILIO DEL SOLICITANTE Middletown, Ohio, EE.UU. de A.

72 INVENTOR (ES)

73 TITULAR (ES)

74 REPRESENTANTE GOMEZ-ACEBO

UNE A 4 MOD 3108

Concedida el Registro de acuerdo con lo que figura en el presente descripción y según el contenido de la Memoria adjunta.

UTILICESE COMO PRIMERA PAGINA DE LA MEMORIA

5 JUL. 1978

Como introducción, nuestra invención se refiere a un procedimiento para producir aceros aleados y, más particularmente, para producir aceros inoxidables de gran resistencia.

5 Uno de los objetos de nuestra invención es el proporcionar un acero inoxidable que sea prácticamente austenítico en todas las condiciones, que se preste fácilmente a la elaboración en caliente en placa, chapa, tira o varilla y alambre y que, además, se pueda laminar o estirar fácilmente en laminado en frío, por ejemplo en la producción de placas, chapas, tiras
10 laminadas en frío y varillas y alambre estirados en frío.

Otro objeto es la provisión de un acero aleado de este tipo que se pueda fabricar fácilmente en una serie de productos y artículos de uso último, por ejemplo, pro prensado, flexión, corte, estampado, punzonado y similar y que además, se pueda soldar fácilmente por las técnicas convencionales de soldadura, cuyos artículos y productos fabricados poseen una elevada resistencia en combinación con una buena resistencia a la corrosión y una buena resistencia a la corrosión intercrystalina en la condición soldada, sin necesidad de
15 tratamiento térmico de endurecimiento.

Otro objeto es la provisión de un acero inoxidable austenítico que preferentemente, aunque no necesariamente, es auténticamente austenítico y libre de delta-ferrita a temperaturas elevadas, a la temperatura ambiente y a temperaturas críticas
25 gónicas, cuya estructura austenítica se retiene totalmente, incluso después de una drástica reducción en frío.

Otros objetos de nuestra invención aparecerán con claridad durante la exposición que sigue:

30 En consecuencia, se comprobará que nuestra invención reside en la combinación de los ingredientes que forman nuestro

nuevo acero y relación entre cada uno de ellos con uno o más de los otros, y en los diversos artículos y productos obtenidos con ellos todo lo cual tal como se describe más particularmente en esta memoria y se estipula en las reivindicaciones adjuntas.

5
10
15
20
A fin de conocer mejor ciertas características de nuestra invención convendrá advertir a este punto que en la actualidad, existen disponibles una gran cantidad de aleaciones para utilización en la industria aeroespacial, la industria química y otras, en las que se exige fortaleza, resistencia a la corrosión, facilidad de fabricación y otras características similares. Muchos de estos son adecuados para aplicaciones en las que se encuentran temperaturas elevadas en uso y en las que se encuentran además atmósferas corrosivas, es decir, atmósferas que contienen cloruro y atmósferas de carácter generalmente oxidante. Nos referimos particularmente a algunas aleaciones a base de níquel tal como el "Inconal" 625 (20 % de cromo, 9 % de molibdeno, 3 % de columbio, 3 % de hierro y el resto níquel). Estas aleaciones, debido al elevado contenido de níquel son costosas.

25
30
Otras clases de aleaciones es la de los aceros inoxidables austenísticos cromo-níquel, especialmente el AISI tipo 304 (18 a 20 % de cromo, 8 a 12 % de níquel, 2 % de manganeso, un máximo de 0,08 % de carbono y el resto de hierro). El tipo 347 (17 % a 19 % de cromo, 9 a 13 % de níquel, 2 % máximo de manganeso, 0,08 % máximo de carbono, con columbio-tantalio al menos en 10 veces el contenido de carbono y el resto hierro). Otro acero inoxidable aún más importante es el tipo 316 (16 a 18 % de cromo, 10 a 14 % de níquel, 2 a 3 % de molibdeno, 2 % máximo de manganeso, 0,08 % máximo de carbono y el resto

hierro).

Otro acero inoxidable es el Armco 21-6-9 (20-25 % de cromo, 6,5 % de níquel, 9 % de manganeso, 0,15 a 0,40 % de nitrógeno, carbono en cantidad no superior al 0,08 % y el resto hierro).

Aunque los aceros inoxidables austeníticos de cromo-níquel a que se ha hecho referencia son menos costosos que las aleaciones a base de níquel, carecen de soldabilidad, se caracterizan por una baja relación entre resistencia y peso o tienen una resistencia insuficiente para responder a los requisitos de muchas aplicaciones.

En consecuencia, uno de los objetos de nuestra invención es el de proporcionar un acero inoxidable de cromo-níquel que sea notablemente más pobre que las aleaciones a base de níquel, cuyo acero inoxidable de cromo-níquel es prácticamente austenítico en todas las condiciones, que se presta fácilmente a la conversión en el laminado en caliente y laminado en frío, que se presta igualmente a una variedad de operaciones de conformado y fabricación, que se puede soldar fácilmente y que, en condición soldada resiste a la corrosión intercrystalina y a las condiciones generales que se encuentran en las industrias, química, aeroespacial y otra gran variedad de industrias en las que se necesitan conjuntos soldados.

Haciendo ahora referencia más específicamente a la práctica de nuestra invención, proporcionamos un acero aleado que consiste fundamentalmente en los ingredientes cromo, níquel, manganeso y nitrógeno con uno o más entre el molibdeno, columbio y vanadio y el resto prácticamente hierro. El contenido de cromo de nuestro acero varía de un 20 a un 25 % aproximadamente, el níquel de un 6 a un 16 % aproximadamente, el man

ganeso de un 3,50 % a un 7 %, y para obtener los mejores resultados a una cifra inferior al 6 % (particularmente 5,9 %) el molibdeno de 0,50 % a 4 % aproximadamente, nitrógeno de 0,15% a 0,50 % aproximadamente, con el columbio a opción de hasta un 0,4 %, cuando hay vanadio presente en la cantidad de un 0,05 a un 0,5 % aproximadamente, y el columbio de un 0,1 a 0,7 % aproximadamente, cuando el vanadio es opcional en cantidades de hasta un 0,5 %, siendo el resto prácticamente hierro.

Cuando tanto el columbio de un 0,1 % a un 0,4 % aproximadamente y el vanadio de un 0,05 a un 0,5 % se encuentran presentes en nuestro acero, el ingrediente molibdeno es optativo; se puede emplear en cantidades de hasta un 4 %, pero preferentemente en menos del 3 %. En una palabra, se emplea al menos uno de los ingredientes molibdeno, columbio y vanadio. El acero que goza de la mejor combinación de propiedades, sin embargo, contiene fundamentalmente al menos dos de los tres ingredientes, principalmente ingrediente molibdeno y uno de los dos restantes columbio y vanadio, como se explicará mejor más adelante.

El contenido de carbono de nuestro acero es inferior al 0,08 % y por lo general inferior al 0,06, preferentemente de un 0,03 a un 0,06 %. El silicio puede estar presente en cantidades de hasta un 1 % en algunas circunstancias, aunque conviene que el contenido de silicio se mantenga a un valor inferior al 0,05 %, preferentemente de un 0,25 a un 0,4 % para obtener los mejores resultados.

El fósforo y el azufre presentes comúnmente en todos los aceros inoxidables, se encuentran presentes en nuestro acero en una cantidad de hasta un 0,060 % de fósforo y hasta un 0,030 % de azufre. No obstante, intentamos mantener un conte-

nido de azufre no superior a un 0,20 % y preferentemente no superior a un 0,005 % a fin de asegurar la carencia de inclusiones filiformes en ciertas aplicaciones. El ingrediente titanio, que se emplea frecuentemente en algunos de los aceros inoxidables para fines especiales, se evita particularmente en nuestro acero, ya que hemos comprobado que el titanio muestra inclinación en proporcionar un metal sucio con el resultante efecto negativo en la resistencia a la corrosión.

Cada uno de los diversos ingredientes cromo, níquel, manganeso, molibdeno y/o columbio y/o vanadio y nitrógeno es crítico para el acero de nuestra invención. No puede prescindirse de ninguno de ellos, Y por la misma razón, las gamas de porcentaje de ninguno de ellos puede variarse sin una pérdida o sacrificio de una o más de las propiedades deseadas..

Aunque el acero aleado de nuestra invención, en sus aspectos más amplos es como se ha definido anteriormente, una mejor combinación de propiedades se tiene en un acero de gama de composición más limitada. Así, un acero preferido según nuestra invención consiste esencialmente de un 21 a un 25 % de cromo, de un 7,5 % a un 16 % de níquel (especialmente de un 9 a un 15,5 % de níquel) de un 4 a menos de un 6 % de manganeso, al menos dos de los ingredientes molibdeno, columbio y vanadio, con el molibdeno de un 1 a un 3 % (o de un 1,5 a un 2,5 % de molibdeno), de un 0,2 a un 0,4 % de columbio, de un 0,1 a un 0,5 % de vanadio, de un 0,20 a un 0,40 de nitrógeno, silicio en menos del 0,5 % (especialmente en no más de 0,4 y preferentemente del 0,25 a 0,4 %), carbono en no más de un 0,06 % (especialmente el carbono de un 0,03 a un 0,06 %), y el resto fundamentalmente hierro. Este acero posee una buena resistencia a la corrosión incluso después de la operación

de soldadura, junto con buenas propiedades mecánicas.

5 En un acero igualmente preferido empleamos de un 20,5 a un 25 % de cromo, de un 11 a un 13 % de níquel, de un 4,5 a un 5,5 % de manganeso, de un 1,5 a un 2,5 % de molibdeno, de un 0,20 a un 0,40 % de columbio y/o de un 0,5 a un 0,40 de vanadio, de un 0,20 a un 0,40 de nitrógeno, carbono hasta aproximadamente un 0,05 % y el resto fundamentalmente hierro. Se ha comprobado que el acero preferido es además austenítico y no magnético aún después de haber sufrido una reducción en
10 frío de hasta un 60 %.

En otro acero empleamos de un 23 % a un 25 % de cromo, de un 11,5 % a un 15,5 % de níquel aproximadamente, de un 4,5 % a un 5,5 % aproximadamente de manganeso, de un 1,5 % a un 2,5 % aproximadamente de molibdeno, de un 0,15 % a un 0,30%
15 aproximadamente de columbio, de un 0,10 a aproximadamente un 0,50 de vanadio, de un 0,30 % a un 0,40 % aproximadamente de nitrógeno, carbono no superior a un 0,05 % y el resto fundamentalmente hierro. Este acero aparece igualmente libre de ferrita. Otro acero libre de ferrita, es decir, un acero totalmen-
20 te austenítico consiste fundamentalmente en un 23,5 a 24,5 % de cromo, de un 13 a un 15,5 % a un 4,5 % aproximadamente de níquel, de un 4,5 % a un 5,5 % de manganeso, de un 1,75 a un 2,25 % de molibdeno, de un 0,15 % a un 0,30 % de columbio, de un 0,10 % a un 0,30 % de vanadio, de un 0,30 % a un 0,40 % de
25 nitrógeno, con carbono en un contenido no superior al 0,06 %, y el resto fundamentalmente hierro.

Otro acero más que, aunque no está totalmente libre de ferrita, es sin embargo útil en la mayoría de las aplicaciones, consiste fundamentalmente en un 23 % a un 24 % de cromo, de un 9,5 a un 10,5 % de níquel, de un 4,5 % a un 5,5 % de
30

manganeso, de un 1,75 % a un 2,25 % de molibdeno, de un 0,15 % a un 0,25 % de columbio, de un 0,15 % a un 0,25 % de vanadio, de un 0,30 a un 0,40 % de nitrógeno con carbono no superior a un 0,06 %, siendo el resto prácticamente hierro. Este acero
5 tiene una gran resistencia a la corrosión y una gran fortaleza, y además tiene un coste mínimo, es decir, exige un mínimo de los costosos ingredientes representados por el níquel, el molibdeno, el columbio y el vanadio. Posteriormente se describen otros aceros particulares según nuestra invención.

10 Como hemos indicado anteriormente, los contenidos de cromo, níquel, manganeso, molibdeno, columbio, vanadio y nitrógeno de nuestros aceros son en todos los sentidos críticos, igual que el contenido de carbono. Y es que hemos comprobado que cuando nos apartamos de las gamas de cualquiera de estos
15 ingredientes añadidos, existirá una pérdida o sacrificio de una o más de las propiedades convenientes. Así, en cuanto al contenido de cromo, cuando el cromo es inferior a un 20 % aproximadamente existe una pérdida de las propiedades generales convenientes de resistencia a la corrosión. Además, con
20 una cantidad insuficiente de cromo hay una pérdida de su efecto estabilizador en la estructura austenítica y un descenso en la capacidad para el nitrógeno. De hecho, hemos comprobado que con menos de un 23 % de cromo y ciertamente con menos del
25 20,5 % de cromo, el metal, en condición soldada, se muestra inclinado a perder la conveniente resistencia a la corrosión. Con un exceso de cromo, es decir, con una cantidad superior al 25 % de cromo, se hace necesario introducir un excesivo con
30 tenido de níquel a fin de preservar el contenido austenítico. Y además, con el exceso de cromo sufre directamente la manejabilidad y maniobralidad del metal, es decir, se hace difícil

trabajar tanto en el laminado en frío como en laminado en caliente. Además, con un exceso de contenido en cromo aparece la delta-ferrita, lo que provoca aún mayores dificultades en el laminado en caliente, ya que el metal se encuentra inclinado a partirse.

El contenido de níquel varía de un 6 a un 17 % aproximadamente, y preferentemente de un 9,5 % a un 15,5 %, como hemos indicado. Y es que hemos comprobado que con un contenido de níquel inferior a un 6 % aproximadamente, y en general cuando hay menos de un 9,5 y ciertamente menos de un 8 %, el acero pierde su carácter austenítico, es decir, que aparece la delta-ferrita y el acero se hace ligeramente magnético. Y con un exceso de níquel, es decir, cuando el níquel supera el 17% aproximadamente o incluso cuando está en cantidad superior a un 15,5 % o a un 16 % aproximadamente, aparece una pérdida de resistencia que atribuimos, en parte, al efecto limitador del níquel en la solubilidad del carbono y nitrógeno. En nuestra opinión, el níquel se mantiene convenientemente en los niveles necesarios como para equilibrar los contenidos de cromo y molibdeno del acero y mantener la deseada estructura totalmente austenítica. Ni que decir tiene que cualquier exceso de níquel hace que el acero sea innecesariamente costoso.

Aunque el contenido de manganeso de nuestro acero varía de un 3,5 a un 7 % aproximadamente, y especialmente a algo menos del 6 % (particularmente al 5,9 %) preferimos un contenido de manganeso de un 4 a menos del 6 %, o incluso de un 4,5 a un 5,5 %. Con un contenido de manganeso de menos de un 3,5 % se hace difícil mantener el necesario contenido de nitrógeno y el metal se siente inclinado a convertirse en gaseoso y poroso, con una pérdida inconveniente de propiedades

mecánicas. También ocurre que con una propiedad insuficiente de manganeso sufre directamente la soldabilidad del metal. Por otra parte, con un contenido elevado excesivamente de manganeso es decir, un contenido de manganeso del 6 % o más, y cierta-
5 mente con un contenido de manganeso superior a un 7 % aproximadamente, el acero se muestra inclinado a hacerse ferrítico y quedan afectadas negativamente las características de resistencia a la corrosión. Particularmente, el acero pierde su resistencia a la corrosión intercrystalina, sobre todo en la condición sensibilizada, es decir, después de calentamiento a una
10 temperatura de unos 677°C, tal como la que se encuentra, por ejemplo, en una operación de soldadura.

Para una mejor combinación de propiedades en nuestro acero se emplea el molibdeno en una cantidad de un 0,5 a un 4%
15 aproximadamente, y más especialmente en la cantidad de un 1,5 a un 3 % o de un 1,5 a un 2,5 % aproximadamente. Hemos comprobado que el molibdeno proporcione una mayor tolerancia para el carbono y, como resultado mejora la resistencia a la corrosión intercrystalina después de soldadura u otro procedimiento de
20 calentamiento. Por lo general se necesita un 1 % de molibdeno para proporcionar cualquier beneficio significativo. El ingrediente molibdeno contribuye igualmente a la resistencia del acero, mejora la resistencia general a la corrosión y defiende la tendencia del metal a las picaduras en medios corrosivos.
25 Cuando el molibdeno se encuentra presente en una cantidad superior a un 4 %, o incluso a un 3 %, se hace difícil mantener la estructura austenítica del metal sin acudir a un aumento del níquel, representando esto un coste ulterior y otros resultados indeseados. En realidad, hemos hallado o encontrado un
30 aumento mínimo de beneficio con un contenido de molibdeno su-

5 perior a un 2,5 % aproximadamente. Cuando debe sacrificarse una o más de las propiedades deseadas de nuestro acero en favor de un coste inferior, se puede omitir el molibdeno en favor de una adición de columbio y vanadio, como hemos indicado anteriormente y se desarrollará más plenamente en lo sucesivo.

10 Tanto el contenido de nitrógeno como el contenido de carbono de nuestro acero son igualmente críticos. Como hemos dicho empleamos un contenido de nitrógeno en la cantidad de un 0,15 a un 0,50 % aproximadamente, y más especialmente de un 0,20 a un 0,40 %, aunque la mejor combinación de propiedades se tiene con un contenido de nitrógeno de un 0,30 a un 0,40%. El nitrógeno sirve para aumentar la resistencia del acero, sin afectar negativamente ni a la resistencia general a la corrosión del metal ni a la resistencia a la corrosión intercris-
15 talina después de soldadura u otro calentamiento. Un contenido de nitrógeno inferior a un 0,20 % y ciertamente con un contenido de nitrógeno inferior a un 0,15 %, no se observa ningún beneficio significativo. Pero cuando el contenido de nitrógeno supera un 0,40 % especialmente cuando supere un 0,50 %, sufre
20 la resistencia a la corrosión y existe también un riesgo de que el metal se haga poroso, con los resultados indeseados anteriormente indicados.

25 El contenido de carbono de nuestro acero se mantiene preferentemente en un valor no superior al 0,05 %. Y es que con este contenido de carbono, el acero es prácticamente insensible a la corrosión intercrystalina, aunque puede llegar hasta un 0,06 % cuando el contenido de cromo y el contenido de molibdeno son más bien elevados. Y cuando los contenidos de columbio y vanadio son también elevados, el contenido
30 de carbono puede llegar perfectamente a algo menos de 0,08 %.

Con un contenido de carbono del 0,08 % en adelante sufren directamente las propiedades de resistencia a la corrosión; más particularmente, se observa una pérdida de características de resistencia general a la corrosión del acero así como una pérdida de la resistencia al ataque intercrystalino. Se obtienen ciertos beneficios empleando al menos un 0,03 % de carbono, variando esta gama hasta un 0,06 %; un contenido de carbono perfectamente delimitado ayuda a mantener la conveniente estructura austenítica y aumenta la resistencia del metal.

Como hemos indicado anteriormente, para obtener los mejores resultados, en nuestro acero se emplean uno o ambos del columbio y el vanadio (cuando se omite el molibdeno del acero, se utilizan tanto el columbio como el vanadio, como hemos dicho anteriormente). Cuando el vanadio está presente en la cantidad de un 0,05 a un 0,5 %, se emplea el columbio en cantidades de hasta un 0,4 %. Y cuando se emplea el columbio en cantidades de aproximadamente un 0,2 a un 0,4 % se puede utilizar el vanadio en cantidades de hasta un 0,5 %. Un exceso de vanadio, así como un exceso de columbio desequilibra el acero aleado, exigiendo adiciones ulteriores de níquel, con los inconvenientes resultantes anteriormente indicados, todos ellos sin ningún beneficio significativo.

Creemos que la conveniente adición de columbio puede interaccionar con el molibdeno presente en el acero preferido, perfectamente, proporcionando un cierto efecto de endurecimiento en solución. No obstante, e independientemente de consideraciones teóricas, la adición de columbio, aunque significativamente inferior al requisito espectriométrico del carbón presente, contribuye a la resistencia del acero, y, al mismo tiempo, proporciona resistencia a la corrosión inter-

cristalina. Hemos comprobado también que el acero con columbio es de estructura granular algo más fina, especialmente en los productos laminados planos, sobre todo chapas y flejes o tiras.

5 La mejor combinación de resistencia mecánica y resistencia a la corrosión se tiene cuando se emplean en el acero tanto columbio como vanadio en la cantidad de un 0,15 a un 0,30 el columbio, y el vanadio en la cantidad de un 0,10 a un 0,30 % aproximadamente.

10 En nuestro acero, el ingrediente silicio se emplea generalmente en una cantidad determinada, por lo general, esta cantidad es de un 0,25 a un 0,40 %, aunque, para ciertas aplicaciones, es decir, la resistencia a la corrosión por parte de los productos de la combustión de los combustibles con plomo, el silicio puede ser tan bajo como de un 0,1 % o incluso menos. El silicio puede emplearse permisiblemente en cantidades de hasta un 0,5 % como máximo, sin embargo, ya que hemos comprobado que con contenido superiores de silicio, es decir, con una cantidad superior al 0,50 %, y ciertamente en 20 cantidades superiores al 0,7 %, existe una inclinación hacia el desarrollo de la fase sigma. Y hemos comprobado que el ataque corrosivo intergranular del metal aumenta cuando el contenido de silicio supera el 0,50 %. El silicio en la cantidad de un 0,40 % aproximadamente sirve para asegurar un metal limpio, metal prácticamente libre de inclusiones de óxi- 25 dos.

El contenido de fósforo y azufre de nuestro acero es bajo, pudiendo estar presente el fósforo en cantidades de hasta un 0,030 % y el azufre en cantidades de hasta un 0,020 %. 30 CANTIDADES SUPERIORES DE ESTOS INGREDIENTES DISMINUYEN LAS PRO

propiedades generales de resistencia a la corrosión del acero.

Como aspecto conveniente, el acero de nuestra invención se funde en el horno de arco eléctrico o en el horno de inducción según las prácticas conocidas de fusión o colada. No obstante, el horno de vacío no es generalmente adecuado para la fusión de nuestro acero ya que la operación de vacío elimina parte del nitrógeno y manganeso esencial y necesario para el acero.

Después de la fusión, el acero se moldea en lingotes que, a su debido tiempo se convierten en palanquillas y tochos. Según se desee, estos materiales se recalientan y el metal se lamina en caliente en placas, chapas, tiras, barras, varillas y alambres. Estos productos se convierten además convenientemente en placas, chapas y tiras laminadas en frío o alambres estirados en frío. El metal se trabaja perfectamente tanto en la laminación en caliente como en la laminación en frío. Ni que decir tiene que, debe quedar entendido que, cuando se desea, las palanquillas pueden convertirse en material para forja y disponerse en una serie de productos. También hay que comprender que el metal se puede volver a fundir y moldear en una gran variedad de artículos moldeados. Tanto las piezas forjadas como las moldeadas se pueden acabar por los procedimientos conocidos de mecanizado y acabado.

El acero de nuestra invención se proporciona a diversos clientes fabricantes en forma de placas, chapas, tiras, barras, varillas, alambres y similar. Se proporciona en condición laminada en caliente o, si se desea, se proporciona en condición laminada en frío o estirada en frío, recocida y decapada, con recocido a una temperatura de 926,5 a 1.149°C aproximadamente.

O también, lógicamente se puede proporcionar el acero al cliente en forma de chapas y tiras que hayan sido ligeramente laminadas en frío después de recocido y decapado.

5 El acero de nuestra invención se presta fácilmente a una gran variedad de operaciones de conformación tal como se ha indicado anteriormente, es decir, prensado, curvado, estirado, corte y roscado. Además, se puede cobresoldar o soldar, por ejemplo en la fabricación de una serie de productos, aparatos y equipos de uso final.

10 Como particularmente ilustrativo de los aceros de nuestra invención se presenta a continuación en la Tabla I(a) una serie de aleaciones de acero de cromo-níquel-manganeso, molibdeno-nitrógeno de composiciones muy afines. La mayoría de estos aceros son de composición química tal que gozan de
 15 una combinación de muchas, si no todas, de las propiedades deseadas de nuestro acero preferido y se consideran acordes con nuestra invención. Los otros son de composición tal que carecen de algunas propiedades, ya que su composición cae fuera de los aceros aceptables de nuestra invención en cuanto a uno
 20 o más de los ingredientes empleados.

T A B L A I(a)

Composición química de 10 aceros aleados de cromo-níquel-manganeso-molibdeno-nitrógeno.

25	No. de la carga	C	Mn	Cr	Ni	No	Mo	ch
	R6384	0,032	4,32	17,63	7,15	0,27	2,81	--
	R6382	0,038	4,18	18,26	8,09	0,28	2,83	--
	R63831	0,042	4,40	20,13	9,12	0,27	2,81	--
30	R67651	0,030	5,06	21,81	10,88	0,28	2,75	0,36

TABLA I(a) (Continuación)

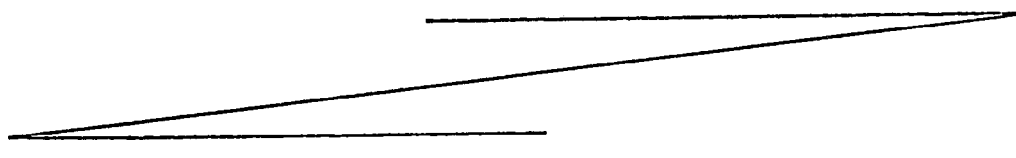
No. de la carga	C	Mn	Cr	Ni	No	Mo	ch
R6766 ¹	0,033	5,55	23,16	12,29	0,31	2,84	--
R6767 ¹	0,036	5,15	23,10	12,22	0,31	2,82	0,29
R6844 ²	0,028	5,04	21,33	11,20	0,30	2,81	0,22
R6845 ²	0,030	5,28	22,96	12,80	0,37	2,82	--
R6862 ²	0,024	5,02	22,81	12,67	0,29	2,14	0,16
R6863 ²	0,022	4,98	23,21	12,24	0,26	2,14	0,31

1) Aceros de la invención.

2) Aceros de la invención con una mejor combinación de propiedades.

NOTA: Todas las cargas: fósforo 0,020 % máximo, azufre 0,015 % máximo, silicio 0,40 % máximo.

Las diferencias entre las propiedades de un acero aceptable según nuestra invención y los aceros que no son aceptables en términos de estructura, resistencia a la corrosión en presencia de ácido nítrico en condición sensibilizada y resistencia a la corrosión en presencia de sulfato férrico ($Fe_2(SO_4)_3$)-ácido sulfúrico (H_2SO_4), esa condición, medida tanto en pulgadas por mes (IPM), será evidente por un estudio de la Tabla I(b) siguiente en la que se indican estas propiedades. Las pruebas informadas se realizaron sobre muestras en barras sensibilizadas por calentamiento a una temperatura de 676,5°C durante una hora y refrigeración en aire.



T A B L A I(b)

Porcentaje de ferrita y tasa de ataque intercrystalino en los aceros de la Tabla I(a)

Carga No.	Porcentaje de ferrita	Tasa Huey-IPM ² sensibilizado	Fe ₂ (SO ₄) ₃ IPM ₂ sensibilizado
R6384	0	0,0031	0,0017
R6382	0	0,0044	0,0028
R6383	1	0,0075	0,0054
R6765 ³	2,5	0,0123	0,0013
R6766 ⁴	1,5	0,0011	0,0012
R6767 ³	5	0,0191	0,0016
R6844 ⁴	1	0,0011	0,0017
R6845 ⁴	1	0,0005	0,0009
R6862 ⁴	1	0,0016	0,0008
R6863 ⁴	4,5	0,0009	0,0008

1) Tasa de Huey-IPM, ataque de muestras por ácido nítrico en ebullición medida en pulgadas por mes.

2) Ataque de muestras por sulfato férrico-H₂SO₄ medido en pulgadas por mes (prueba Streicher).

3) Acero de la invención.

4) Acero de la invención con una mejor combinación de las propiedades.

Las propiedades mecánicas de los aceros de la Tabla I(a) en forma de barras se indican en la Tabla I(c). Aunque ninguno de estos aceros posee suficiente resistencia a la deformación elástica como para ser adecuados para todas las aplicaciones de los mejores aceros según la invención, estos aceros poseen sin embargo una buena combinación de resistencia al ataque corrosivo en condición sensibilizada, una cantidad me-

nor de ferrita y una buena ductilidad, así como una buena resistencia al impacto a temperaturas criogénicas, temperaturas tan bajas como de $-195,5^{\circ}\text{C}$.

T A B L A I(c)

5 Propiedades mecánicas a la temperatura ambiente de los aceros de la Tabla I(a) y propiedades al impacto a $-195,5^{\circ}\text{C}$.

Carga No.	Resistencia última a la tracción (Kg/pulgada ²)	Resistencia a la deformación elástica 0,2 % (Kg/pulgada ²)	Porcentaje de alargamiento	Porcentaje de reducción en superficie	Entalla en V de Charpy (libra/pie)
R6384	106	54	50	72,5	90
R6382	107	54,5	50	73	117
R6383 ¹	108	55	49,5	74	107
R6765 ¹	119	62	43	65	29
R6766 ²	113,5	56	48,5	71	89
R6767 ²	122	66,5	42	63,5	26
R6844 ²	119	63,5	45,5	66	--
R6845 ²	119,5	63,5	48	79	--
R6862 ²	117	60,5	45,5	68	--
R6863 ²	117	60,5	42	65,5	--

1) Aceros de la invención.

2) Aceros de la invención que tienen la mejor combinación de propiedades.

Al estudiar los datos de pruebas presentados anteriormente en las Tablas I(b) y I(c), se observa fácilmente que los aceros con menor contenido de cromo carecen singularmente de resistencia al ataque corrosivo en condición sensibilizada, es decir, a la condición que sigue a una operación de soldadu-

ra. Un acero aceptable se caracteriza por una tasa de ataque Huey no superior a 0,0020 pulgadas por mes. Los aceros de las cargas números R6384 y R6382, contenido de cromo de 17,63 % y 18,26 %, respectivamente, contenidos de níquel correspondientemente de 7,15 % y 8,09 %, carbono en una cantidad de 0,04 %, manganeso de 4,2 %, nitrógeno de 0,27 % y molibdeno de 2,82 %, muestran tasas de Huey de 0,0031 y 0,0044 IPM. Y aunque el contenido de ferrita es bajo, los aceros son inaceptables para uso en condición soldada. Los aceros de las cargas Números R6383, R6765 y R6767 con mayores contenidos de cromo: 20,13 %, 21,81 % y 23,10 %, respectivamente, y el mayor contenido de níquel de 9,12 %, 10,88 % y 12,22 %, tienen tasas de Huey incluso superiores. Creemos que el contenido algo superior del carbono del acero de la carga No. R6383 para su contenido de cromo (0,042 % de carbono con 20,13 % de cromo) disminuye la resistencia al ataque corrosivo en condición sensibilizada.

Aunque los aceros de las cargas números R6765 y R6767 contienen además ingrediente columbio, y ámbos aceros poseen la misma o mayor resistencia que los demás enumerados, aparece mas bien claramente que el mayor contenido de columbio no supone ningún beneficio en cuanto a la resistencia al ataque corrosivo, debido a la mayor resistencia en combinación con la mayor ductilidad que se tienen en estos tres aceros, sin embargo son adecuados para muchas aplicaciones útiles en las que no interviene soldadura.

Los cinco aceros R6766, R6844, R6845, R6862 y R6863, aceros que gozan de una mejor combinación de propiedades, tienen contenidos de cromo que varían de un 21,33 % de cromo del acero de la carga número R6844, con un contenido de níquel del 11,20 %, a un 23,21 % de cromo con un contenido de níquel del

12,24 % del acero de la carga número R6863. El contenido de carbono de estos cinco aceros varía del 0,033 % en la carga número R6766 hasta una cantidad tan pequeña del 0,022 % de la carga número R6863. El contenido de manganeso se encuentra todo él en el orden de un 5 % aproximadamente, con el hidrógeno alrededor del 0,3 % y el molibdeno alrededor del 2,8 % (aunque las cargas números R6862 y R6863 son las que tienen menor contenido de molibdeno), algunas con adición de columbio y otras sin ellas. Los cinco aceros se caracterizan por una baja tasa de ataque corrosivo en condición sensibilizada, así como por ser prácticamente austeníticos, es decir, con un contenido de ferrita no superior a un 5 % aproximadamente. Además, la resistencia es elevada, siendo la mejor para los aceros con un contenido de columbio, es decir, con el 0,16 % de columbio en la carga No. R6862 y el 0,31 % del No. R6863.

El acero según nuestra invención que se caracteriza por una combinación de resistencia al ataque corrosivo intergranular en condición sensibilizada, una estructura prácticamente austenítica y buenas propiedades de resistencia a la tracción, emplea un contenido de cromo de un 11 a un 13 % aproximadamente, junto con un contenido de carbono no superior a un 0,04 %, un contenido de manganeso de un 5 %, contenido de nitrógeno de un 0,3 %, un contenido de molibdeno de un 2 a un 3 %, con o sin contenido de columbio de un 0,1 a un 0,3 % aproximadamente. Más en general, este acero está formado por un 21 a un 24 % de cromo, de un 11 a un 13 % de níquel, de un 4,5 a un 5,5 % de manganeso, con el carbono no superior a un 0,05%, un contenido de silicio no superior al 0,4 %, con un 0,25 a un 0,4 % de nitrógeno, de un 2 a un 3 % de molibdeno, como sin columbio hasta alrededor del 0,4 % siendo el resto prácticamente

hierro.

Un acero más preferido, un acero que es totalmente austenítico en todas las condiciones y es prácticamente insensible al ataque corrosivo en condición sensibilizada se ilustra en los seis ejemplos de aceros específicos de la Tabla II(a) siguiente. Este acero está formado fundamentalmente por un 23-24 % de cromo, de un 15 a un 16 % de níquel, de un 4,5 a un 5,5 % de manganeso, de un 0,025 a un 0,035 % de carbono, de un 0,3 a un 0,4 % de nitrógeno, de un 2,5 % a un 3 %.....

T A B L A II(a)

Seis aceros de cromo-níquel-manganeso-molibdeno-nitrógeno según la invención

Carga No.	C	Mn	Cr	Ni	N	Mo	Cb
R6908 ¹	0,30	4,99	23,63	15,28	30	2,73	62
R6909 ¹	0,31	3,95	23,56	15,25	29	2,73	23
R6910 ¹	0,27	5,00	23,97	15,35	28	2,73	41
R6911 ¹	0,33	4,95	23,45	15,50	35	2,73	04
R6912 ¹	0,31	4,95	23,86	15,27	34	2,74	22
R6913 ¹	0,29	5,04	23,85	15,35	33	2,76	43

1) Aceros de la invención que tienen la mejor combinación de propiedades.

NOTA: Todas las cargas con un 0,15 % de fósforo, un 0,007 % de azufre y un 0,3 % de silicio.

La estructura de los aceros de la Tabla II(a) en forma de barra, así como sus tasas Huey y su resistencia al ataque por el sulfato férrico se indican en la Tabla II(b).

T A B L A II(b)

Estructura y tasas de ataque en condición sensibilizada de los aceros de la Tabla I(a)

No. de la carga	Porcentaje de ferrita	Tasa Huey-IPM, sensibilizada	Fe ₂ (SO ₄) ₃ IPM sensibilizada
R6908 ¹	0	0,0004	0,0007
R6909 ¹	0	0,0007	0,0008
R6910 ¹	0	0,0007	0,0008
R6911 ¹	0	0,0004	0,0007
R6912 ¹	0	0,0007	0,0007
R6913 ¹	0	0,0007	0,0008

1) Aceros de la invención que tienen la mejor combinación de propiedades.

Las propiedades mecánicas de los aceros de la Tabla II(a) en forma de barra, se dan a continuación en la Tabla II(c). Son adecuados a muchas aplicaciones en las que se exige un acero totalmente austenítico que goce de gran resistencia al ataque corrosivo en condición sensibilizada junto con una buena resistencia al impacto a temperaturas bajas.

T A B L A II(c)

Propiedades mecánicas a la temperatura ambiente de los aceros de la Tabla II(a) y propiedades al impacto a -195,5°C.

No. de la carga	Resistencia última a la tracción (kg/pulgada ²)	Resistencia a la deformación elástica al 0,2% (Kg/pulgada ²)	Porcentaje de alargamiento	Porcentaje de reducción de superficie	Entalla en V de Charpy (libra/pie)
R6908 ¹	116	55,5	49,5	68,5	99
R6909 ¹	124	65	40,5	64	42

TABLA II(c) (Continuación)

No. de la carga	Resistencia última a la tracción (Kg/pulgada ²)	Resistencia a la deformación elástica al 0,2% (Kg/pulgada ²)	Porcentaje de alargamiento	Porcentaje de reducción de superficie	Entalla en V de Charpi (libra/pie)
R6910 ¹	123	64	38,5	56	23
R6911 ¹	119,5	58,5	50	72	120
R6912 ¹	128,5	67,5	42,5	63,5	45
R6913 ¹	129,5	69	38	56,5	19

1) Aceros de la invención que tienen la mejor combinación de propiedades.

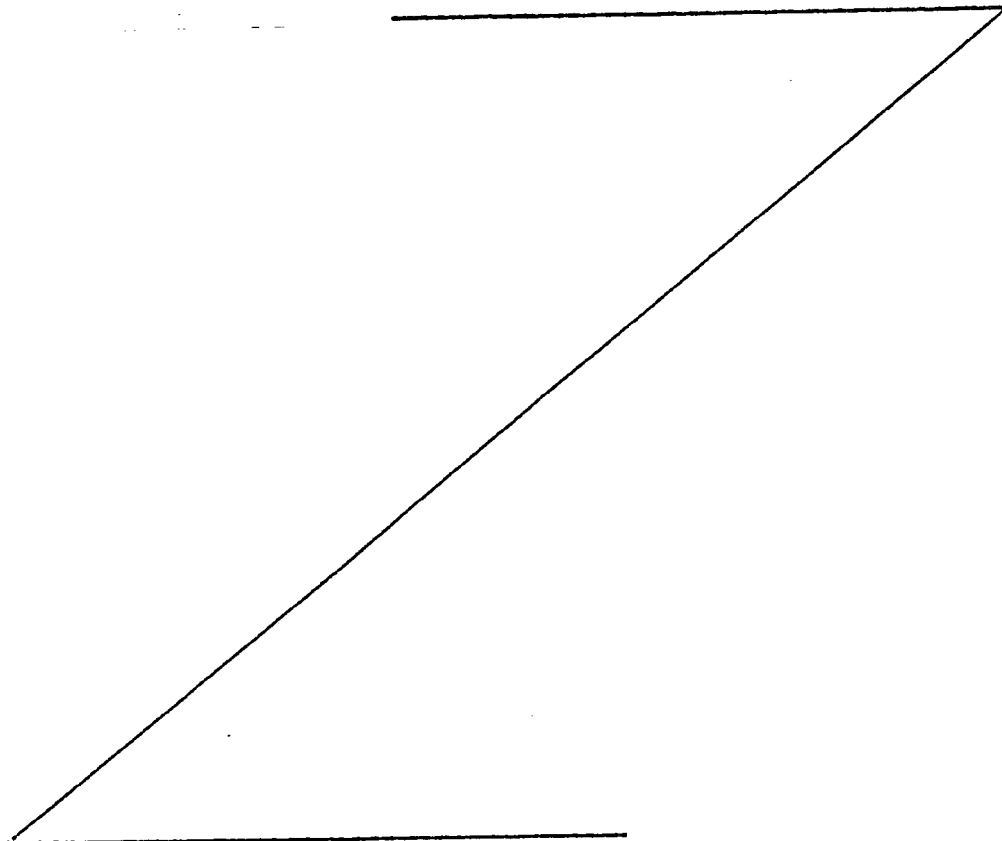
Estudiando los resultados de las pruebas que se dan en las Tablas II(b) y II(c) anteriores, se observará que todos los aceros de la Tabla II(a) son totalmente austeníticos y poseen porcentajes muy bajos de ataque en ácido nítrico en ebullición y en sulfato férrico-ácido sulfúrico, mientras están en condición sensibilizada, y aunque son de resistencia moderada, se caracterizan por una buena ductilidad y resistencia al impacto, esta última característica tal vez no muy buena en los dos aceros de las cargas Nos. R6910 y R6913 de elevado contenido de columbio.

Consideramos que aunque el columbio aumenta la resistencia a la tracción, afecta negativamente a la resistencia al impacto a temperaturas criogénicas.

El acero preferido según nuestra invención representa la mejor combinación de estructura austenítica, carencia práctica de ataque intergranular en condición sensibilizada, es decir, un bajo porcentaje Huey de ataque, un mínimo de carburos precipitados después de sensibilización según refleja la

clasificación de Solar Carbide (1) y buenas propiedades mecánicas, tanto a las temperaturas ambientes como a temperaturas elevadas. En la Tabla III(a) siguiente se muestran unos 36 aceros inoxidable de cromo-níquel-manganeso-nitrógeno en forma de chapa, siete de los cuales son aceros de composición química según nuestro acero preferido y veintiuno de ellos con testan en general a los requisitos de nuestra invención, siendo los ocho aceros restantes de composición similar, salvo que uno o más de los ingredientes caen fuera de la gama de composición de los aceros de nuestra invención.

(1) Prueba desarrollada por Solar Aircraft Co, San Diego, California; mordentado con electrolito en solución de ácido crómico al 10 %, vista a 500X; porcentaje de 1 a 6 sobre la base del 1 para ningún carburo y 6 para una red continua de carburos.



T A B L A III(a)

Composición química de 36 aceros de cromo-níquel-manganeso-nitrógeno.

No. de la carga	C	Mo	Cr	Ni	Mo	N	Cb	V
21 Cr-6 Ni-3 a 4 Mn								
4287-2	0,052	3,20	21,00	6,04	--	0,30	0,09	--
4287-3	0,052	3,18	21,08	6,00	--	0,31	0,14	0,20
4293-1	0,049	3,24	21,12	6,06	2,12	0,33	--	--
4293-3	0,049	3,27	21,20	6,04	2,17	0,33	0,16	0,18
4303-1	0,046	3,87	21,34	6,05	--	0,31	--	--
4303-2 ¹	0,046	3,83	21,22	6,06	--	0,31	0,06	--
4303-3 ²	0,046	3,86	21,22	6,03	--	0,31	0,14	0,21
4313-1 ¹	0,048	4,04	21,18	6,08	--	0,31	--	0,26
4304-1 ¹	0,044	3,88	21,08	6,00	2,16	0,31	--	--
4303-2 ¹	0,043	3,86	20,70	6,00	2,13	0,31	0,06	--
4303-3 ¹	0,044	3,96	20,50	5,94	2,13	0,30	0,11	0,28
4320-1 ¹	0,051	4,02	21,00	6,04	2,24	0,32	--	0,26
21 Cr-9 Ni-4 Mn								
4311-1	0,050	3,87	20,00	9,03	--	0,32	--	--
4311-2 ¹	0,050	3,87	21,14	9,02	--	0,32	0,11	--
4311-3 ²	0,050	3,80	21,04	8,98	--	0,32	0,13	0,20
4321-1 ¹	0,054	4,05	21,40	9,04	--	0,31	--	0,28
4312-1 ¹	0,049	4,10	21,12	8,99	2,19	0,32	--	--
4312-2 ²	0,048	4,09	21,08	8,99	2,19	0,32	0,09	--
4312-3 ²	0,048	3,96	20,76	8,93	2,19	0,32	0,12	0,17
4321-2 ¹	0,052	4,03	21,00	8,93	2,10	0,31	--	0,27

TABLA III(a) (Continuación)

No. de la carga	C	Mo	Cr	Ni	Mo	N	Cb	V
21 Cr-6 Ni-6Mn								
4289-1	0,044	6,01	20,92	6,10	--	0,29	--	--
4289-2 ¹	0,045	5,94	21,16	6,02	--	0,30	0,054	--
4289-3 ¹	0,045	5,79	20,38	5,97	--	0,30	0,13	0,20
4319-2 ¹	0,047	5,69	21,30	6,11	--	0,32	--	0,32
4291-1 ¹	0,046	5,82	21,22	6,05	2,00	0,30	--	--
4291-2	0,046	5,64	21,22	6,05	2,06	0,30	0,082	--
4291-3 ¹	0,046	5,71	21,34	6,01	2,06	0,30	0,14	0,19
4320-2 ¹	0,052	5,67	21,56	6,12	2,20	0,33	--	0,31
21 Cr-9 Ni-6Mn								
4290-1	0,047	5,79	20,96	8,99	--	0,29	--	--
4290-2 ¹	0,046	5,75	21,18	8,97	--	0,29	0,09	--
4290-3 ¹	0,048	5,75	21,10	8,96	--	0,29	0,13	0,27
4319-3 ¹	0,047	5,67	21,26	8,53	--	0,32	--	0,27
4292-1 ¹	0,048	5,83	20,78	9,05	2,12	0,29	--	--
4292-2 ²	0,049	5,75	20,78	8,99	2,15	0,29	0,09	--
4292-3 ²	0,049	5,75	21,22	8,99	2,14	0,29	0,13	0,21
4320-3 ²	0,050	5,69	21,56	8,60	2,21	0,32	--	0,36

1) Aceros de la invención.

2) Aceros de la invención que tienen la mejor combinación de propiedades.

5 NOTA: Todas las cargas con un 0,002 % de fósforo, un 0,008 % de azufre y un 0,40 % de silicio.

 La calificación Huey en IPM para los aceros en condición sensibilizada, es decir, sensibilizados a 676,5°C durante una hora y refrigerados por aire, la clasificación de Solar Carbide de estos aceros en condición sensibilizada. el contenido de ferrita y el porcentaje de magnetismo de los aceros en estado laminado en frío al 60 % y en condición recocido y decapada se dan a continuación en la Tabla III(b).

T A B L A III (b)

15 Resistencia a la corrosión en condición sensibilizada, contenido de ferrita y magnetismo de los aceros de la Tabla III(a)

No. de la carga	Huey, IPM	Carburo Solar sensibilizado	Porcentaje de ferrita	Porcentaje de reducción en frío al 60%	Magnetismo Recocido y decapado
-----------------	-----------	-----------------------------	-----------------------	--	--------------------------------

21 Cr-6 Ni 3 a 5 Mn

20	4287-2	0,0039	C1	0	4	3
	4287-3	0,0033	C2	0	4	3
	4293-1	0,0027	C1	6	8	5
	4293-3	0,0036	C2	8	12	8
	4303-1	0,0011	C3	0	3	3
	4303-2 ¹	0,0012	C3	0	3	3
25	4303-3 ²	0,0015	C3	0	3	3
	4313-1 ¹	0,0010	C2	0	4	3
	4304-1 ¹	0,0038	C1	6	9	5
	4304-2 ¹	0,0036	C1	8	9	6
	4304-3 ¹	0,0040	C2	8	12	9
30	4320-1 ¹	0,0052	C3	10	13	9

TABLA III(b) (Continuación)

No. de la carga	Huey, IPM	Carburo Solar sensible	Porcentaje de ferrita	Porcentaje de reducción en frío al 60%	Magnetismo Recocido y decaído
5	21 Cr-9 Ni-4 Mn				
	4311-1	0,0007	C3	0	3
	4311-2 ¹	0,0022	C4	0	3
	4311-3 ²	0,0020	C4	0	3
10	4321-1 ¹	0,0016	C3	0	3
	4312-1 ¹	0,0008	C1	0	4
	4312-2 ²	0,0015	C1	0	4
	4312-3 ²	0,0013	C1	0	4
	4321-2 ¹	0,0007	C1	0	3
15	21 Cr-6 Ni-6 Mn				
	4289-1	0,0009	C1	0	3
	4289-2 ¹	0,0007	C3	0	3
	4289-3 ¹	0,0009	C4	0	3
20	4319-2 ¹	0,0011	C3	0	4
	4291-1 ¹	0,0032	C1	8	12
	4291-2 ¹	0,0047	C1	10	13
	4291-3 ¹	0,0047	C1	10	16
	4320-2 ¹	0,0134	C3	14	14
25	21 Cr-9 Ni-6 Mn				
	4290-1	0,0014	C1	0	3
	4290-2 ¹	0,0019	C1	0	3
	4290-3 ¹	0,0013	C1	0	3
30	4319-3 ¹	0,0008	C3	0	4

TABLA III(b) (Continuación)

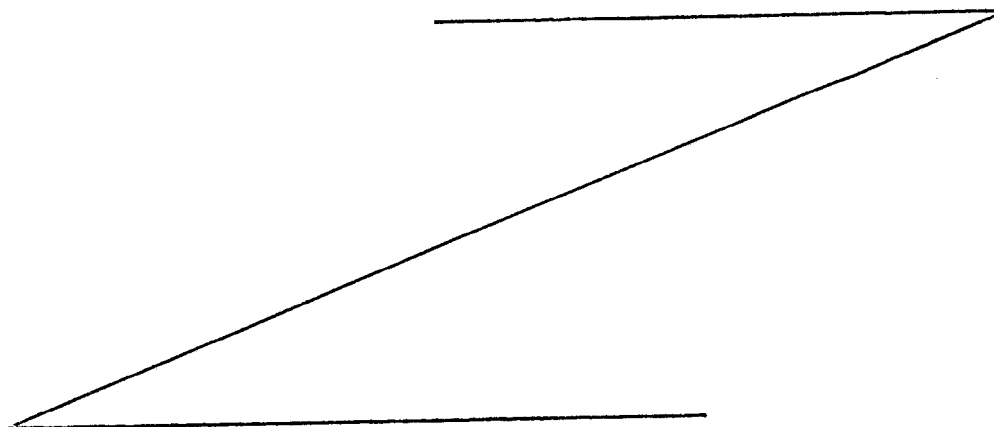
No. de la carga	Huey IPM	Carburo Solar sensibilizado	Porcentaje de ferrita	Porcentaje de Reducción en frío al 60 %	Magnetismo Reducido y decapitado
21 Cr-9 Ni-6 Mn					
4292-1 ¹	0,0011	C2	1	3	3
4292-2 ²	0,0010	C1	1	3	3
4292-31	0,0009	C1	1	3	3
4320-3 ²	0,0008	C1	5	6	4

1) Aceros de la invención.

2) Aceros de la invención que tienen la mejor combinación de propiedades.

NOTA: Una lectura de 3 a 4 denota un material no magnético.

En la Tabla III(c) siguiente se dan las propiedades mecánicas de los aceros de la Tabla III(a) en forma de chapa, siendo la resistencia a la deformación plástica al 0,2 %, la resistencia última a la tracción, el porcentaje al alargamiento de 50,8 mm y la dureza Rockwell a la temperatura ambiente (24°C), y la resistencia a la deformación plástica al 0,2 %, la resistencia última a la tracción y el porcentaje de alargamiento en 50,8 mm a una temperatura de 538°C.



T A B L A III(c)

No. de la carga	24°C				538°C			
	Resistencia a la deformación 0,2% KG/pulgada ²	Resistencia última a la tracción KG/pulgada ²	Porcentaje de alargamiento en 50,8 mm	Dureza Rockwell _n	Resistencia a la deformación 0,2% KG/pulgada ²	Resistencia última a la tracción KG/pulgada ²	Porcentaje de alargamiento en 50,8 mm	
4287-2	84,4	127,4	41	230	46,7	81,8	36	
4287-3	87,0	130,1	40	270	42,0	84,2	33	
4293-1	87,5	131,5	37	270	41,8	89,8	33	
4293-3	93,0	136,5	38	290	42,9	90,5	32	
4303-1	85,4	118,6	47	96,5	34,3	75,1	40	
4303-2	85,5	126,4	42	99	38,6	78,9	36	
4303-3	85,4	130,6	39	250	41,5	82,8	35	
4313-1	70,4	114,5	49	98	32,7	76,6	39	
4304-1	83,4	129,0	41	240	39,2	85,8	37	
4304-2	89,5	133,6	42	270	45,7	87,8	33	
4304-3	93,8	135,5	38	250	50,9	91,3	30	
4320-1	79,0	125,8	42	250	40,3	85,2	33	
21 Cr-9 Ni-4 Mn								
4311-1	75,6	118,9	43	98	35,9	79,2	38	
4311-2	79,5	123,3	41	98,5	42,5	83,2	36	
4311-3	87,7	127,1	39	250	45,0	87,2	34	
4321-1	70,9	114,7	44	96	32,0	77,5	41	
4312-1	77,5	120,7	41	96	37,9	84,7	34	
4312-2	86,6	127,7	40	260	45,4	90,4	31	
4312-3	88,8	130,7	37	250	49,3	93,6	32	
4321-2	74,9	119,4	43	98	37,1	84,5	36	

T A B L A III(c)

Propiedades mecánicas de los aceros de la Tabla III(a) tanto a 24°C como a					
No. de la carga	24°C				
	Resistencia a la deformación 0,2% Kg/pulgada ²	Resistencia última a la tracción Kg/pulgada ²	Porcentaje de alargamiento en 50,8 mm	Dureza Rockwell _n	Resistencia a la deformación 0,2% Kg/pulgada ²
4287-2	84,4	127,4	41	23C	40
4287-3	87,0	130,1	40	27C	40
4293-1	87,5	131,5	37	27C	40
4293-3	93,0	136,5	38	29C	40
4303-1	85,4	118,6	47	96,5	30
4303-2 ²	85,5	126,4	42	99	30
4303-3 ²	85,4	130,6	39	25C	40
4313-1 ¹	70,4	114,5	49	98	30
4304-1 ¹	83,4	129,0	41	24C	30
4304-2 ¹	89,5	133,6	42	27C	40
4304-3 ¹	93,8	135,5	38	25C	50
4320-1 ¹	79,0	125,8	42	25C	40
21 Cr-9 Ni-4 Mn					
4311-1	75,6	118,9	43	98	30
4311-2 ¹	79,5	123,3	41	98,5	40
4311-3 ²	87,7	127,1	39	25C	40
4321-1 ¹	70,9	114,7	44	96	30
4312-1 ¹	77,5	120,7	41	96	30
4312-2 ²	86,6	127,7	40	26C	40
4312-3 ²	88,8	130,7	37	25C	40
4321-2 ¹	74,9	119,4	43	98	30

°C como a 538°C

	538°C	
Resistencia a la deformación 0,2% Kg/pulgada ²	Resistencia última a la tracción Kg/pulgada ²	Porcentaje de alargamiento en 50,8 mm
46,7	81,8	36
42,0	84,2	33
41,8	89,8	33
42,9	90,5	32
34,3	75,1	40
38,6	78,9	36
41,5	82,8	35
32,7	76,6	39
39,2	85,8	37
45,7	87,8	33
50,9	91,3	30
40,3	85,2	33
35,9	79,2	38
42,5	83,2	36
45,0	87,2	34
32,0	77,5	41
37,9	84,7	34
45,4	90,4	31
49,3	93,6	32
37,1	84,5	36

TABLA III(c) (Continuación)

Propiedades mecánicas de los aceros de la Tabla III(a) tanto a 24°C como a 538°C									
No. de la serie	24°C					538°C			
	Resistencia a la deformación 0,2% Kg/pulgada ²	Resistencia última a la tracción Kg/pulgada ²	Resistencia última a la tracción Kg/pulgada ²	Porcentaje de alargamiento en 50,8 mm	Dureza Rockwell _n	Resistencia a la deformación 0,2% (Kg/pulgada ²)	Resistencia última a la tracción (Kg/pulgada ²)	Resistencia última a la tracción (Kg/pulgada ²)	Porcentaje de alargamiento en 50,8 mm
21 Cr-6 Ni-6 Mn									
4289-1	63,5	109,1	109,1	51	95	27,6	70,2	70,2	43
4289-2 ¹	73,4	117,8	117,8	44	98	31,3	74,3	74,3	36
4289-3 ¹	76,6	121,3	121,3	41	100	35,2	79,9	79,9	35
4319-2 ¹	70,7	114,2	114,2	48	98	34,3	75,0	75,0	42
4291-1 ¹	77,9	121,7	121,7	42	220	37,9	82,6	82,6	37
4291-2 ¹	83,2	127,0	127,0	40	240	42,4	85,7	85,7	33
4291-3 ¹	87,2	128,5	128,5	37	260	43,9	87,1	87,1	32
4320-2 ¹	83,1	128,3	128,3	40	250	49,0	89,0	89,0	34
21 Cr-9 Ni -6 Mn									
4290-1	63,0	107,3	107,3	47	95	28,6	73,3	73,3	40
4290-2 ¹	74,1	117,4	117,4	42	98	34,0	78,9	78,9	36
4290-3 ¹	78,3	127,7	127,7	40	220	36,9	82,3	82,3	36
4319-3 ¹	68,6	112,8	112,8	47	96	31,9	77,8	77,8	41
4292-1 ¹	72,8	117,2	117,2	43	98	34,8	82,6	82,6	36
4292-2 ²	80,6	122,7	122,7	41	100	41,9	87,4	87,4	34
4292-3 ²	83,3	125,2	125,2	40	230	41,7	88,9	88,9	30
4820-3 ²	77,1	121,1	121,1	42	210	40,6	86,9	86,9	34

1) Acero de la invención.

2) Acero de la invención que tiene la mejor combinación de propiedades.

TABLA III(c) (Continuación)

Propiedades mecánicas de los aceros de la Tabla III(a) tanto a					
No. de la carga	240C				
	Resistencia a la deformación 0,2% Kg/pulgada ²	Resistencia última a la tracción Kg/pulgada ²	Porcentaje de alargamiento en 50,8 mm	Dureza Rockwell _n	Resistencia a la deformación 0,2% (Kg/pulgada ²)
21 Cr-6 Ni-6 Mn					
4289-1	63,5	109,1	51	95	27,
4289-2 ¹	73,4	117,8	44	98	31,
4289-3 ¹	76,6	121,3	41	100	35,
4319-2 ¹	70,7	114,2	48	98	34,
4291-1 ¹	77,9	121,7	42	220	37,
4291-2 ¹	83,2	127,0	40	240	42,
4291-3 ¹	87,2	128,5	37	260	43,
4320-2 ¹	83,1	128,3	40	250	49,
21 Cr-9 Ni -6 Mn					
4290-1	63,0	107,3	47	95	28,
4290-2 ¹	74,1	117,4	42	98	34,
4290-3 ¹	78,3	127,7	40	220	36,
4319-3 ¹	68,6	112,8	47	96	31,
4292-1 ¹	72,8	117,2	43	98	34,
4292-2 ²	80,6	122,7	41	100	41,
4292-3 ²	83,3	125,2	40	230	41,
4820-3 ²	77,1	121,1	42	210	40,

1) Acero de la invención.

2) Acero de la invención que tiene la mejor combinación de propiedades.

) tanto a 24°C como a 538°C

n	538°C		
	Resistencia a la deformación 0,2% (Kg/pulgada ²)	Resistencia última a la tracción (Kg/pulgada ²)	Porcentaje de alargamiento en 50,8 mm
	27,6	70,2	43
	31,3	74,3	36
	35,2	79,9	35
	34,3	75,0	42
	37,9	82,6	37
	42,4	85,7	33
	43,9	87,1	32
	49,0	89,0	34
	28,6	73,3	40
	34,0	78,9	36
	36,9	82,3	36
	31,9	77,8	41
	34,8	82,6	36
	41,9	87,4	34
	41,7	88,9	30
	40,6	86,9	34

edies.

De los 36 aceros de cromo-níquel-manganeso-nitrógeno anteriormente indicados en las Tablas III(a), (b) y (c) sólo hay siete que gozan de una mejor combinación de propiedades, a saber, aceros que tienen una estructura prácticamente austenítica en su totalidad y en todas las condiciones, y que son prácticamente insensibles a la corrosión intergranular en condición sensibilizada, con una resistencia a la deformación plástica de al menos 75.000 libras/pulgada² a la temperatura ambiente, y al menos 40.000 libras/pulgada² a una temperatura de ambiente de 538°C, estos son los aceros de las cargas números 4303-3, 4311-3, 4312-2, 4312-3, 4292-2, 4292-3 y 4320-3.

Todos estos siete aceros indicados tienen un contenido de cromo de un 20,5 a un 22 %, un contenido de níquel de un 6 a un 9 %, un contenido de manganeso de 3,8 % a algo menor de 6 %, con un contenido de carbono no superior a un 0,05 %, con un contenido de nitrógeno de un 0,03 % y con dos o más de los ingredientes formados por el molibdeno, columbio y vanadio, y siendo el resto prácticamente en su totalidad hierro. Ahora bien, el acero de la carga número 4303-3 contiene los ingredientes cromo, níquel, manganeso, carbono y nitrógeno, en cantidades de un 21 % de cromo, un 6 % de níquel, un 4 % de manganeso, un 0,05 % de carbono, junto con ambos de los ingredientes columbio y vanadio, uno en la cantidad de un 0,15 % y el otro en la cantidad de un 0,2 %. Falta el molibdeno. De igual manera el acero de la carga número 4311-3, aunque de contenidos similares de cromo, manganeso, carbono, nitrógeno, columbio y vanadio, en ausencia de molibdeno emplea níquel en la cantidad de un 9 %. Los aceros de las cargas 4312-2 y 4312-3 aunque emplean de forma similar alrededor de un 21 % de cromo, un 9 % de níquel, un 4 % de manganeso, un 0,05 % de

carbono, un 0,03 % de nitrógeno, emplean ámbos molibdeno en una cantidad de un 2,2 %, empleando además uno de ellos columbio en una cantidad de 0,1 % y empleando adicionalmente el otro ámbos de los ingredientes de columbio en la cantidad de un 0,1 % y vanadio en la cantidad de un 0,2 %. Los aceros de las cargas números 4292-2, 4292-3 y 4320-3, aunque emplean también alrededor de un 21 % de cromo, un 9 % de níquel, un 0,05% de carbono, un 0,3 % de nitrógeno y un contenido de molibdeno de alrededor del 2 % emplean el ingrediente manganeso en una cantidad muy cercana al 6 %. Además del molibdeno, el primer acero emplea columbio en una cantidad de un 0,1 %, el tercer acero el ingrediente vanadio en una cantidad de un 0,4 % y el segundo acero ambos ingredientes columbio y vanadio, uno en una cantidad de aproximadamente de 0,1 % y el otro en un 0,2%.

Se observará que todos los aceros de las cargas números 4287-2, 4287-3, 4293-1 y 4293-3 son deficientes, empleando un contenido de cromo de alrededor de un 21 %, un contenido de níquel de un 6 %, un contenido de carbono de un 0,05 %, un contenido de nitrógeno de un 3,18 a un 3,30 % con o sin los demás ingredientes molibdeno, columbio y vanadio. El acero de la carga número 4303-1 es igualmente deficiente, no teniendo en su composición ninguno de los ingredientes molibdeno, columbio y vanadio. Los cinco aceros carecen de resistencia al ataque intergranular en condición sensibilizada, o bien poseen una insuficiente resistencia a la tracción a temperaturas elevadas.

Los cinco aceros restantes del grupo del 21 % de cromo, el 6 % de níquel y el 3 al 4 % de manganeso, en donde se emplea al menos uno de los ingredientes, molibdeno, columbio y vanadio, responden a los requisitos de nuestra invención y

son aplicados a muchas aplicaciones útiles. Y, como se ha dicho anteriormente, uno de estos aceros (carga número 4303-3), con columbio y vanadio pero sin molibdeno es el que tiene la mejor combinación de propiedades. Solamente la carga número 4304-3 que emplea los tres ingredientes molibdeno, columbio y vanadio, aunque es de mayor resistencia, tiene un elevado porcentaje Huey y es prácticamente magnética. No obstante, como se ha indicado, el acero es aplicable en muchas aplicaciones.

Los aceros con contenido de cromo de un 21 %, contenido de manganeso de un 4 % y contenido de níquel de un 9 % están totalmente de acuerdo con las enseñanzas de nuestra invención, por el hecho de que emplean tanto columbio y vanadio con el molibdeno ausente (carga 4311-3) o con el molibdeno presente (carga 4312-2). Lo mismo puede decirse del acero que contiene molibdeno junto con columbio (carga 4312-2). El acero (carga 4321-2) con adiciones de molibdeno y vanadio pero sin adición de columbio, aunque apropiado a muchas aplicaciones, no goza de la mejor combinación de propiedades que se observa en los otros. El acero de la carga número 4311-1 que no emplea ninguno de los ingredientes columbio, molibdeno y vanadio, es deficiente en propiedades y escapa del ámbito de nuestra invención.

Los diversos aceros con un contenido de cromo de alrededor del 21 %, un contenido de níquel de un 6 %, un contenido de carbono de un 0,05 %, con el mayor contenido de manganeso de un 6 %, y un contenido de nitrógeno de un 3 %, con uno más de los ingredientes molibdeno, columbio y vanadio, aunque carecen algo de resistencia a la deformación plástica a temperaturas elevadas o a la temperatura ambiente (cargas números 4289-1, 4289-2, 4289-3, 4313-2, 4319-2 y 4291-1) o su-

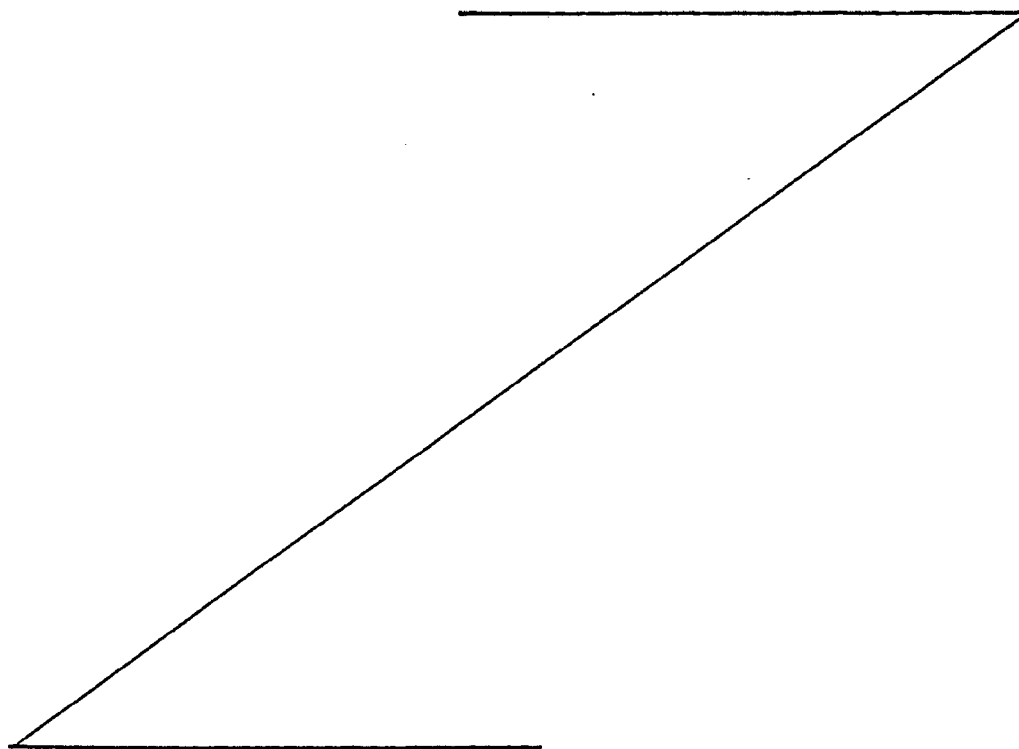
fren corrosión intercrystalina en condición sensibilizada (carga número 4291-1, 4291-2, 4291-3 y 4320-2) son sin embargo adecuados para muchas aplicaciones. El acero en el que no existe ninguno de los componentes molibdeno, columbio o vanadio (Carga número 4289-1) es deficiente y escapa del ámbito de nuestra invención.

Los aceros que tienen el mayor contenido de níquel de un 9 % aproximadamente, con un contenido de cromo de un 21%, un contenido de manganeso de un 6 %, de un contenido de carbono de un 0,05 %, un contenido de nitrógeno de un 0,3 % (cargas números 4292-2, 4292-3 y 4320-3) gozan de la mejor combinación de propiedades únicamente cuando se incluye además del ingrediente molibdeno en la cantidad de un 2 % aproximadamente y uno de ambos ingredientes columbio y vanadio. No obstante, los aceros que contiene uno de columbio y vanadio junto con el molibdeno (cargas números 4290-2, 4290-3 y 4319-3) así como el acero con molibdeno pero sin columbio o vanadio (cargas números 4292-1) son adecuados para muchos usos. El acero que no contiene ninguno de los ingredientes molibdeno, columbio y vanadio (carga Número 4290-1) es deficiente.

Para una mejor combinación de propiedades, el acero de nuestra invención emplea un contenido de manganeso de al menos de un 3,5 a algo menos de un 6 %, con un contenido de níquel de un 6 a un 9 %, junto con un contenido de cromo de un 20,5 a un 22 %, un contenido de carbono no superior a un 0,06 %, un contenido de nitrógeno de un 0,3, por ejemplo de 0,25 a 0,4 %, con al menos dos de los ingredientes molibdeno, columbio y vanadio, el molibdeno en la cantidad de un 1,5 % a un 2,5 %, el columbio en la cantidad de un 0,2 a un 0,4 % y el vanadio en la cantidad de 0,1 a un 0,5 %. El contenido de fós

foro, azufre y silicio son bajos como se ha indicado anteriormente.

5 Como ejemplo de los aceros de nuestra invención que no son completamente austeníticos, pero sin embargo se caracterizan por una buena resistencia al ataque corrosivo en la condición sensitiva y una buena resistencia a la deformación elástica, tanto a temperatura ambiente como a temperaturas elevadas, llamamos la atención a los aceros de cromo-níquel-manganeso-molibdeno-nitrógeno de la Tabla IV(a) siguiente. Estos
10 aceros contienen además uno o ámbos ingredientes de columbio, y vanadio en cantidades diferentes. Aunque muchos de los aceros de la Tabla IV(a), sobre todo los que tienen menor contenido de cromo, están sujetos a ataques corrosivos en condición sensibilizada, otros de los aceros de contenido de cromo algo
15 superior, o los que contienen además el ingrediente vanadio, se consideran aceptables.



T A B L A IV(a)

Composición química de 24 aceros de cromo-níquel-manganeso-molibdeno-nitrógeno, conteniendo columbio y/o vanadio.

Carga No.	C	Mn	Cr	Ni	Mo	N	Cb	V
21,5 a 24 Cr-7,5 Ni-5 Mn								
4451-1 ¹	0,052	4,78	21,7	7,46	1,02	0,32	0,26	-
4451-2 ²	0,049	4,86	22,6	7,43	1,02	0,30	0,25	-
4451-3 ²	0,048	4,90	23,0	7,55	1,01	0,31	0,25	-
4459-1 ²	0,053	4,85	21,64	7,54	1,02	0,29	0,24	0,22
4459-2 ²	0,054	4,83	22,44	7,50	1,02	0,29	0,25	0,21
4459-3 ²	0,053	4,84	23,84	7,52	1,00	0,30	0,24	0,20
21,5 a 24 Cr-9 Ni-5 Mn								
4453-1 ¹	0,051	4,82	21,7	8,98	1,02	0,29	0,26	-
4453-2 ¹	0,050	4,88	22,5	0,01	1,02	0,30	0,26	-
4453-3 ²	0,050	5,06	23,7	9,03	1,01	0,30	0,26	-
4454-1 ¹	0,053	4,83	21,8	8,97	0,99	0,26	0,26	0,20
4454-2 ²	0,053	4,72	22,3	9,03	1,00	0,26	0,25	0,19
4454-3 ²	0,054	4,72	23,5	9,12	0,99	0,27	0,24	0,18
22Cr-7,5 Ni-5 Mn								
4455-1 ²	0,055	4,96	22,5	7,85	1,05	0,32	0,20	-
4455-2 ²	0,054	4,78	22,2	7,91	1,03	0,30	0,44	-
4455-3 ²	0,054	4,89	22,1	7,96	1,03	0,31	0,69	-

TABLA IV(a) (Continuación)

Carga No.	C	Mn	Cr	Ni	Mo	N	Cb	V
22 Cr-7,5 Ni-5 Mn								
4456-1 ¹	0,054	4,86	21,9	7,32	1,05	0,27	0,17	0,11
4456-2 ¹	0,053	4,85	22,0	7,34	1,03	0,28	0,19	0,25
4456-3 ²	0,054	4,75	21,8	7,30	1,03	0,27	0,18	0,39
4457-1 ¹	0,053	5,01	21,7	7,41	1,01	0,30	0,70	0,11
4457-2 ²	0,051	4,96	21,5	7,35	1,01	0,30	0,71	0,23
4457-3 ²	0,053	4,78	21,3	7,28	1,01	0,30	0,70	0,38
4458-1 ²	0,055	5,04	22,2	7,42	1,02	0,31	--	0,15
4458-2 ¹	0,054	4,98	21,9	7,36	1,02	0,31	--	0,30
4458-3 ²	0,053	4,89	22,1	7,42	1,02	0,31	--	0,48

1) Aceros de la invención.

2) Aceros de la invención con la mejor combinación de propiedades.

NOTA: Todas las cargas con un 0,002 % de fósforo, un 0,008 % de azufre y un 4 % de silicio.

El contenido de ferrita, el contenido magnético del acero en condición laminada en frío, es decir, con una reducción del 60 % aproximadamente y el porcentaje Huey en pulgadas por mes en condición sensibilizada, es decir, con calentamiento a 677°C durante una hora y refrigeración por aire, se indican en la Tabla IV(b) siguiente.

T A B L A IV(b)

Contenido de ferrita, magnetismo y porcentaje Huey de los aceros IV(a).

5	No. de la carga	Porcentaje de ferrita	Porcentaje de magnetismo laminado en frío	Porcentaje Huey sensibilizado, IPM
	21,5 a 24 Cr-7,5 Ni-5 Mn			
	4451-1 ¹	5	4	0,0030
10	4451-2 ²	8	9	0,0016
	4451-3 ²	10	14	0,0008
	4459-1 ²	4	7	0,0018
	4459-2 ²	5	12	0,0014
	4459-3 ²	5	21	0,0008
	21,5 a 24 Cr-9 Ni-5 Mn			
15	4453-1 ¹	1	3	0,0030
	4453-2 ¹	5	6	0,0029
	4453-3 ²	10	10	0,0009
20	4454-1 ¹	2	4	0,0021
	4454-2 ²	7	8	0,0015
	4454-3 ²	12	16	0,0008
	22 Cr-8 Ni-5 Mn			
25	4455-1 ²	3	3	0,0020
	4455-2 ²	6	9	0,0019
	4455-3 ²	12	11	0,0014

TABLA IV(b) (Continuación)

No. de la carga	Porcentaje de ferrita	Porcentaje de magnetismo laminado en frío	Porcentaje Huey sensibilizado, IPM	
22 Cr-7,5 Ni-5 Mn				
5	4456-1 ¹	5	9	0,0024
	4456-2 ²	8	8	0,0016
	4456-3 ²	5	9	0,0020
10	4457-1 ¹	5	9	0,0023
	4457-2 ²	5	11	0,0019
	4457-3 ³	5	14	0,0018
	4458-1 ²	1	4	0,0009
	4458-2 ¹	2	5	0,0007
15	4458-3 ²	2	5	0,0011

1) Aceros de la invención.

2) Aceros de la invención con la mejor combinación de propiedades.

20 Las propiedades mecánicas de los aceros de cromo-níquel-manganeso-molibdeno-nitrógeno de la Tabla IV(a) en forma de chapa se indican a continuación en la Tabla IV(c), incluyendo una resistencia a la deformación elástica del 2 % en kilopondios/pulgada², la resistencia última a la tracción en kilopondios/pulgada² y el porcentaje de alimentación en 2" tanto en temperatura ambiente como a temperaturas elevadas, es decir, a una temperatura de 538°C así como la dureza Rockwell de los aceros a la temperatura ambiente

T A B L A IV(c)

Propiedades mecánicas de los aceros de la Tabla IV(a) tanto a temperatura ambiente como a temperaturas elevadas										
No. de la carga	Temperatura ambiente					538°C				
	Resistencia a la deformación 0,2% (Kp/pulgada ²)	Resistencia última a la tracción (Kp/pulgada ²)	Porcentaje de alargamiento en 50,8 mm	Dureza Rockwell C	Resistencia a la deformación 0,2% (Kp/pulgada ²)	Resistencia última a la tracción (Kp/pulgada ²)	Porcentaje de alargamiento en 50,8 mm	Resistencia a la deformación 0,2% (Kp/pulgada ²)	Resistencia última a la tracción (Kp/pulgada ²)	Porcentaje de alargamiento en 50,8 mm
21,5 a 24 Cr-7,5 Ni-5 Mn										
4451-1 ¹	86,6	127,1	39	25	42,7	85,4	34	85,4	85,4	34
4451-2 ²	92,9	130,7	38	27	52,3	86,8	33	86,8	86,8	33
4451-3 ²	94,9	133,1	37	26	53,3	87,3	32	87,3	87,3	32
4459-1 ²	97,5	132,8	37	27	52,6	87,6	31	87,6	87,6	31
4459-2 ²	97,7	132,2	36	27	54,8	87,5	31	87,5	87,5	31
4459-3 ²	101,3	134,1	34	30	60,0	88,1	31	88,1	88,1	31
21,5 a 24 Cr-9 Ni-5 Mn										
4453-1 ¹	87,1	126,7	39	23	50,5	86,5	31	86,5	86,5	31
4453-2 ¹	89,9	128,3	39	25	49,1	85,8	32	85,8	85,8	32
4453-3 ²	90,5	129,5	36	24	51,5	86,1	31	86,1	86,1	31
4454-1 ¹	79,3	122,0	40	22	43,0	84,1	30	84,1	84,1	30
4454-2 ²	82,4	123,1	39	23	47,5	84,6	30	84,6	84,6	30
4454-3 ²	88,0	121,8	36	26	52,6	86,7	31	86,7	86,7	31
22 Cr-8 Ni-5 Mn										
4455-1 ²	89,7	128,2	39	26	48,1	86,8	32	86,8	86,8	32
4455-2 ²	93,0	129,8	37	27	52,6	86,7	32	86,7	86,7	32
4455-3 ²	86,7	126,5	36	27	52,8	85,7	31	85,7	85,7	31

T A B L A IV(c)

Propiedades mecánicas de los aceros de la Tabla IV(a) tanto a temperaturas elevadas					
Temperatura ambiente					
No. de la carga	Resistencia a la deformación 0,2% (Kp/pulgada ²)	Resistencia última a la tracción (Kp/pulgada ²)	Porcentaje de alargamiento en 50,8 mm	Dureza Rockwell C	Resistencia a la deformación (Kp/pu
21,5 a 24 Cr-7,5 Ni-5 Mn					
4451-1 ¹	86,6	127,1	39	25	42,
4451-2 ²	92,9	130,7	38	27	52,
4451-3 ²	94,9	133,1	37	26	53,
4459-1 ²	97,5	132,8	37	27	52,
4459-2 ²	97,7	132,2	36	27	54,
4459-3 ²	101,3	134,1	34	30	60,
21,5 a 24 Cr-9 Ni-5 Mn					
4453-1 ¹	87,1	126,7	39	23	50,
4453-2 ¹	89,9	128,3	39	25	49,
4453-3 ²	90,5	129,5	36	24	51,
4454-1 ¹	79,3	122,0	40	22	43,
4454-2 ²	82,4	123,1	39	23	47,
4454-3 ²	88,0	121,8	36	26	52,
22 Cr-8 Ni-5 Mn					
4455-1 ²	89,7	128,2	39	26	48,
4455-2 ²	93,0	129,8	37	27	52,
4455-3 ²	88,7	126,5	36	27	52,

o a temperatura ambiente como a

	538°C		
C	Resistencia a la deformación 0,2% (Kp/pulgada ²)	Resistencia última a la tracción (Kp/pulgada ²)	Porcentaje de alargamiento en 50,8 mm
	42,7	85,4	34
	52,3	86,8	33
	53,3	87,3	32
	52,6	87,6	31
	54,8	87,5	31
	60,0	88,1	31
	50,5	86,5	31
	49,1	85,8	32
	51,5	86,1	31
	43,0	84,1	30
	47,5	84,6	30
	52,6	86,7	31
	48,1	86,8	32
	52,6	86,7	32
	52,8	85,7	31

T A B L A IV(c) (Continuación)

No. de la carga	Temperatura ambiente						
	Resistencia a la deformación 0,2% (Kp/pulgada ²)	Resistencia última a la tracción (Kp/pulgada ²)	Porcentaje de alargamiento en 50,8 mm	Dureza Rockell C	Resistencia a la deformación 0,2% (Kp/pulgada ²)	Resistencia última a la tracción (Kp/pulgada ²)	Porcentaje de alargamiento en 50,8 mm
	22 Cr-7,5 Ni-5 Mn						
4456-1 ¹	92,5	129,4	39	25	48,7	85,1	31
4456-2 ²	93,3	128,6	38	25	49,7	86,3	30
4456-3 ²	93,1	128,3	37	26	50,6	86,9	32
4457-1 ¹	93,2	131,2	34	26	53,7	85,3	28
4457-2 ²	91,6	130,0	35	26	53,3	86,0	28
4457-3 ²	92,6	129,8	34	26	53,1	87,2	29
4458-1 ²	78,8	122,1	43	20	40,6	83,2	35
4458-2 ¹	79,6	124,0	42	20	27,4	82,8	37
4458-3 ²	86,8	128,9	39	24	44,9	86,4	34

1) Acero de la invención.

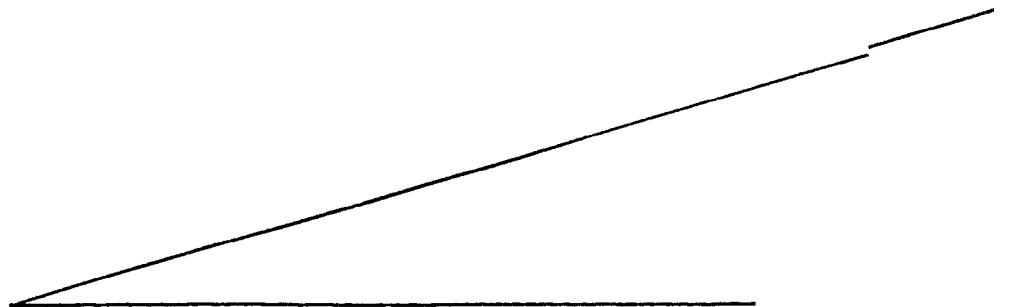
2) Acero de la invención con la mejor combinación de propiedades.

T A B L A IV(c) (Continuación)

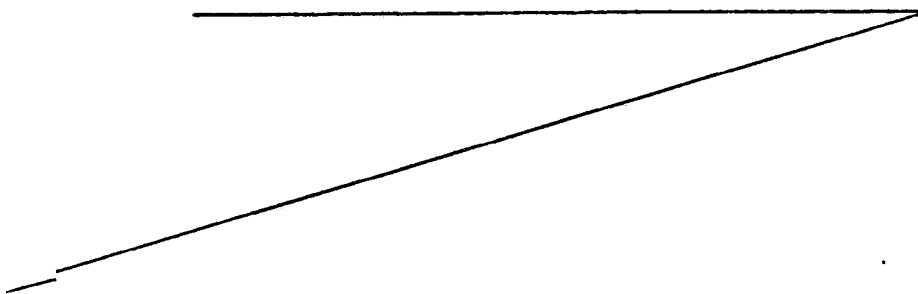
Temperatura ambiente					
No. de la carga	Resistencia a la deformación 0,2% (Kp/pulgada ²)	Resistencia última a la tracción (Kp/pulgada ²)	Porcentaje de alargamiento en 50,8 mm	Dureza Rockell C	Resistencia a la tracción (Kp/p)
22 Cr-7,5 Ni-5 Mn					
4456-1 ¹	92,5	129,4	39	25	48
4456-2 ²	93,3	128,6	38	25	49
4456-3 ²	93,1	128,3	37	26	50
4457-1 ¹	93,2	131,2	34	26	53
4457-2 ²	91,6	130,0	35	26	53
4457-3 ²	92,6	129,8	34	26	53
4458-1 ²	78,8	122,1	43	20	40
4458-2 ¹	79,6	124,0	42	20	27
4458-3 ²	86,8	128,9	39	24	44

1) Acero de la invención.

2) Acero de la invención con la mejor combinación de propiedades.



53820			
G	Resistencia a la deformación 0,2% (Kp/pulgada ²)	Resistencia última a la tracción (Kp/pulgada ²)	Porcentaje de alargamiento en 50,8 mm
	48,7	85,1	31
	49,7	86,3	30
	50,6	86,9	32
	53,7	85,3	28
	53,3	86,0	28
	53,1	87,2	29
	40,6	83,2	35
	27,4	82,8	37
	44,9	86,4	34



La consideración de los aceros de la Tabla IV(a) particularmente por lo que se refiere a los porcentajes de Huey, revela con bastante rapidez que esos aceros tienen un contenido de cromo de un 22 % y menos (cargas Nos. 4451-1, 4453-1, 4453-2, 4454-1, 4456-1, 4457-1 y 4458-2), con un contenido de níquel de aproximadamente de un 7,5 % a un 9 %, un contenido de manganeso de alrededor de un 5 % y un contenido de molibdeno de un 1 %, con un contenido de nitrógeno de un 0,3 % y un contenido de carbono de un 0,05 %, conteniendo además columbio en cantidades del 0,2 al 0,3 por ciento (alrededor del 0,7 % de columbio en la carga No. 4457-1 y ningún columbio en la carga 4458-2), quedan atacados negativamente por el ácido nítrico en ebullición mientras están en condición sensibilizada. No obstante, estos aceros son de gran resistencia y buena ductilidad y son apropiados para muchas aplicaciones.

Los aceros de composición similar a la de los anteriores, salvo con un contenido algo superior de cromo, de un 22,4 a un 23 % aproximadamente (carga números 4451-2 y 4451-3), así como los que tienen contenidos similares de níquel, manganeso, molibdeno, nitrógeno y carbono, y contenidos de cromo justamente por debajo o justamente por encima del 22 %, es decir, de un 21,5 a un 24 por ciento, pero conteniendo además vanadio en una cantidad de un 0,2 % (cargas Nos. 4459-1, 4459-2 y 4459-3) se caracterizan por porcentajes inferiores de ataque intergranular en condición sensibilizada. Estos aceros, más ampliamente, consisten fundamentalmente en un 21,5 a 24 % de cromo, de un 7 a un 8 % de níquel, de un 4,5 a un 5,5 % de manganeso, de un 0,2 % a un 0,40 % de nitrógeno, de un 0,5 a un 1,5 % de molibdeno, de un 0,2 a un 0,4 % de columbio, de un 0,1 a un 0,4 % de vanadio, carbono en cantidad no superior a un

0,06 % y el resto hierro.

Los aceros que tienen un contenido de níquel bastante superior, es decir, un contenido de níquel de alrededor del 9 %, se comprueba que tienen un porcentaje excesivamente elevado de ataque corrosivo en condición sensibilizada, hasta que el contenido de cromo llega a un 23,7 % aproximadamente y aún más (carga No. 4453-3), aunque se encuentra presente el ingrediente vanadio, se encuentra suficiente un contenido algo inferior de cromo, por ejemplo, el 22,3 % (cargas Nos. 4454-2 y 4454-3). Consideramos que la pequeña cantidad de vanadio exige un contenido algo inferior de cromo o un aumento de níquel. Estos aceros de mayor contenido de níquel consisten pues fundamentalmente en un 22-24 % de cromo, de un 9 a un 10 % de níquel, de un 4,5 a un 5,5 % de manganeso, de un 0,2 a un 0,4 % de nitrógeno, de un 1 a un 2 % de molibdeno, de un 0,2 a un 0,4 % de columbio, de un 0,1 a un 0,4 % de vanadio con carbono no superior a un 0,05 %, y el resto hierro.

Se ha comprobado que son satisfactorios los aceros con un contenido intermedio de níquel, por ejemplo, contenido de níquel de un 8 % (cargas Nos. 4455-1, 4455-2 y 4455-3), aún cuando tienen un contenido de cromo de sólo un 22,1 % cuando se aumenta significativamente el contenido de columbio (carga No. 4453-3). Aunque el porcentaje de ataque corrosivo disminuye algo por el aumento del contenido de columbio, parece ser que el columbio sirve mejor para aumentar la resistencia a la deformación elástica a temperaturas elevadas, tal como se comprueba comparando las resistencias a la deformación elástica a temperaturas elevadas (Tabla IV(c) de las cargas Nos. 4455-1, 4455-2 y 4453-3) cuando aumentan de 48,1 Kp/pulgada² a 528 Kp/pulgada² con el aumento del columbio del 0,20 % para las car-

gas Nos. 4455-1 al 0,69 % para el acero de la carga número 4455-3, en una palabra, de un 0,2 a un 0,7 % de columbio.

5 Los aceros con un nivel de níquel de un 7,3 % y hasta un 21,7 % de cromo (cargas Nos. 4456-1 y 4457-1) y conteniendo tanto columbio como vanadio, son sensibles al ataque intercrystalino en condiciones sensibilizadas, salvo que el vanadio se encuentre presente en una cantidad de al menos un 0,2 % (cargas Nos. 4456-2, 4456-3, 4457-2 y 4457-3). Se observa que el bajo contenido de vanadio, es decir, de un 0,1 %
10 aproximadamente (carga No. 4457-1) hace que el acero se caracterice por un porcentaje bastante elevado de ataque, aun cuando el contenido de columbio llegue hasta un 0,7 %.

Aunque los aceros con contenidos de níquel del 7,3% en el que falta columbio pero está presente el vanadio (cargas Nos. 4458-1, 4458-2 y 4458-3) se caracterizan todos por
15 una buena resistencia al ataque corrosivo en condición sensibilizada, la carga No. 4458-2 parece que posee una resistencia a la deformación elástica algo inferior a temperaturas elevadas (37.400 libras/pulgada²).

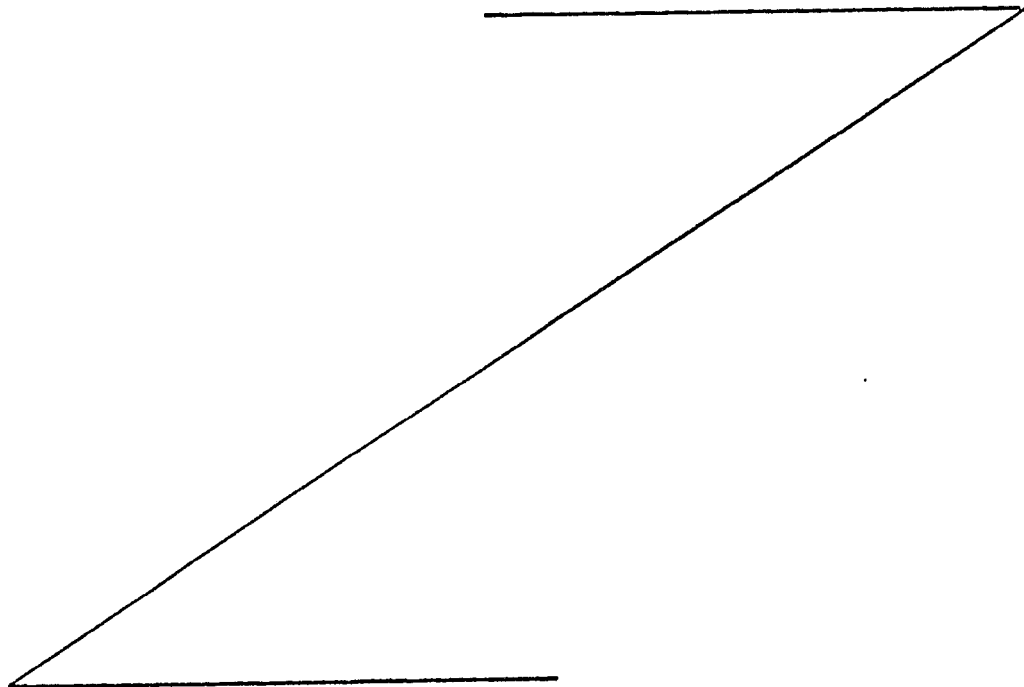
20 La mejor combinación de propiedades se tiene con los aceros que contienen columbio, y sobre todo con los que contienen al mismo tiempo columbio y vanadio, como se ha dicho anteriormente, encontrándose el columbio en cantidades de un 0,15 a un 0,5 % o incluso un 0,7 % y el vanadio de un 0,1
25 a un 0,5 %. El principal inconveniente que se encuentra al emplear un contenido excesivamente elevado de columbio, es decir, un contenido de columbio superior al 0,4 % aproximadamente es que el acero se hace indebidamente magnético como resultado de la salida del carbón de la solución, disminuyéndose
30 de ese modo el potencial austenítico que se deriva de la pre-

sencia del carbono en solución sólida (compárese las cargas números 4455-2 y 4455-3 con las cargas Nos. 4455-1). Además, un contenido excesivo de columbio fomenta la formación de ferrita.

5 Una buena combinación de resistencia al ataque corrosivo en condición sensible y soldada del metal en combinación con una buena resistencia general al ataque corrosivo y a la picadura junto con una buena resistencia a la tracción a temperatura ambiente y a temperaturas elevadas se obtiene en los
10 aceros con un contenido de carbono no superior a un 0,6 %, y preferentemente no superior a un 0,05 % (aunque debe ser preferentemente de al menos un 0,03 %), esto con un contenido de cromo de un 22,5 a un 24,5 %, un contenido de manganeso de un
15 4,5 a un 5,5 %, un contenido de níquel de un 7,5 a un 15,5 %, un contenido de molibdeno de un 0,5 o algo menos de un 3 %, un contenido de nitrógeno de un 0,3 a un 0,4 %, con columbio y/o vanadio, encontrándose el columbio en la cantidad de un 0,1 a un 0,5 %, particularmente en un 0,2 a un 0,4 %, y el vanadio de un 0,1 % a 0,5 %, siendo el resto prácticamente hierro en
20 su totalidad. El azufre, el fósforo y el silicio se mantienen en bajos contenidos, encontrándose el fósforo en un 0,60 %, el azufre en hasta un 0,030 % y el silicio en hasta un 0,40 por ciento, en cualquier caso, en una cifra inferior al 0,05 % y ciertamente inferior al 1 %.

25 La mejor combinación según nuestra invención no sólo es austenítica prácticamente o en su totalidad en todas las condiciones sino también comparativamente insensible a la corrosión intercrystalina en condición sensibilizada, y posee elevada resistencia a la temperatura ambiente, así como a las
30 temperaturas elevadas, y tiene un elevado nivel de resistencia.

general a la corrosión y está particularmente de picaduras en las condiciones corrosivas que se encuentran en el uso. Este acero emplea un contenido de molibdeno de un 1,5 a un 2,5%, junto con un contenido de cromo de un 23,5 a un 24,5 %, un contenido de níquel de al menos un 9,5 % hasta un 15,5 %, un contenido de manganeso de un 4,5 a un 5,5 %, un contenido de carbono no superior a un 0,06 %, un contenido de nitrógeno de un 0,3 a un 0,4 %, con uno o ambos de los ingredientes columbio y vanadio. El contenido de columbio varía de un 0,1 a un 0,3% y el de vanadio de un 0,2 a un 0,4 %. Los contenidos de fósforo y azufre son bajos y el de silicio de alrededor del 0,4 % o no superior al 0,5 %. En la Tabla V(a) se muestran unos doce aceros inoxidables de cromo-níquel-manganeso-nitrógeno-molibdeno en forma de chapa, la mayoría de los cuales gozan de las mejores combinaciones deseadas de propiedades según nuestra invención, pero otros de los cuales son de composición tal que se pierden una o más de las propiedades deseadas, aunque estos aceros son apropiados para muchas aplicaciones.



T A B L A V (a)

Composición química de 12 aceros de cromo-níquel-manganeso-níobeno-nitrógeno

No. de la carga	C	Mn	Cr	Ni	Mo	N	Ob	V
4639-1 ¹	0,052	5,02	23,89	9,01	2,11	0,38	0,32	--
4639-1 ²	0,051	4,90	23,82	10,37	2,12	0,38	0,22	--
4639-3 ²	0,050	4,89	23,75	11,49	2,14	0,38	0,21	--
4640-1 ¹	0,052	4,87	24,11	9,09	2,13	0,36	--	0,23
4640-2 ²	0,052	5,03	21,08	10,37	2,13	0,35	--	0,24
4640-3 ²	0,051	4,90	24,04	11,59	2,14	0,35	--	0,26
4641-1 ¹	0,052	4,94	24,08	9,08	2,14	0,35	0,20	0,21
4641-2 ²	0,052	4,92	24,00	10,59	2,12	0,34	0,18	0,21
4641-3 ²	0,049	4,92	23,97	11,57	2,14	0,35	0,19	0,20
4642-1 ²	0,054	4,97	24,00	13,02	2,08	0,34	0,21	0,25
4642-2 ²	0,050	4,94	24,00	14,24	2,14	0,34	0,19	0,24
4642-3 ²	0,49	4,92	23,97	15,37	2,14	0,34	0,21	0,22

1) Aceros de la invención.

2) Aceros de la invención con la mejor combinación de propiedades.

NOTA: Todas las cargas con un 0,003% de fósforo, azufre en un 0,00% y silicio en un 0,40%

T A B L A V(a)

Composición química de 12 aceros de cromo-níquel-manganeso-molibdeno-n							
No. de la carga	C	Mn	Cr	Ni	Mo	N	Co
4639-1 ¹	0,052	5,02	23,89	9,01	2,11	0,38	0,32
4639-1 ²	0,051	4,90	23,82	10,37	2,12	0,38	0,22
4639-3 ²	0,050	4,89	23,75	11,49	2,14	0,38	0,21
4640-1 ¹	0,052	4,87	24,11	9,09	2,13	0,36	--
4640-2 ²	0,052	5,03	21,08	10,37	2,13	0,35	--
4640-3 ²	0,051	4,90	24,04	11,59	2,14	0,35	--
4641-1 ¹	0,052	4,94	24,08	9,08	2,14	0,35	0,20
4641-2 ²	0,052	4,92	24,00	10,59	2,12	0,34	0,18
4641-3 ²	0,049	4,92	23,97	11,57	2,14	0,35	0,19
4642-1 ²	0,054	4,97	24,00	13,02	2,08	0,34	0,21
4642-2 ²	0,050	4,94	24,00	14,24	2,14	0,34	0,19
4642-3 ²	0,49	4,92	23,97	15,37	2,14	0,34	0,21

1) Aceros de la invención.

2) Aceros de la invención con la mejor combinación de propiedades.

NOTA: Todas las cargas con un 0,003% de fósforo, azufre en un 0,00% y sil

so-mibdeno-nitrógeno

	Cb	V
38	0,32	--
38	0,22	--
38	0,21	--
36	--	0,23
35	--	0,24
35	--	0,26
35	0,20	0,21
34	0,18	0,21
35	0,19	0,20
34	0,21	0,25
34	0,19	0,24
34	0,21	0,22

lades.

1 0,00 % y silicio en un 0,40 %

La cantidad de ferrita presente en los aceros de la Tabla V(a) y el porcentaje de magnetismo en la condición laminada en frío, es decir, con una reducción en frío de un 60 %, así como el porcentaje Huey en pulgada/mes y la clasificación del carburo solar, ambos en condición sensibilizada, es decir, con un tratamiento a 677°C durante una hora y refrigeración por aire se dan a continuación en la Tabla V(b).

T A B L A V(b)

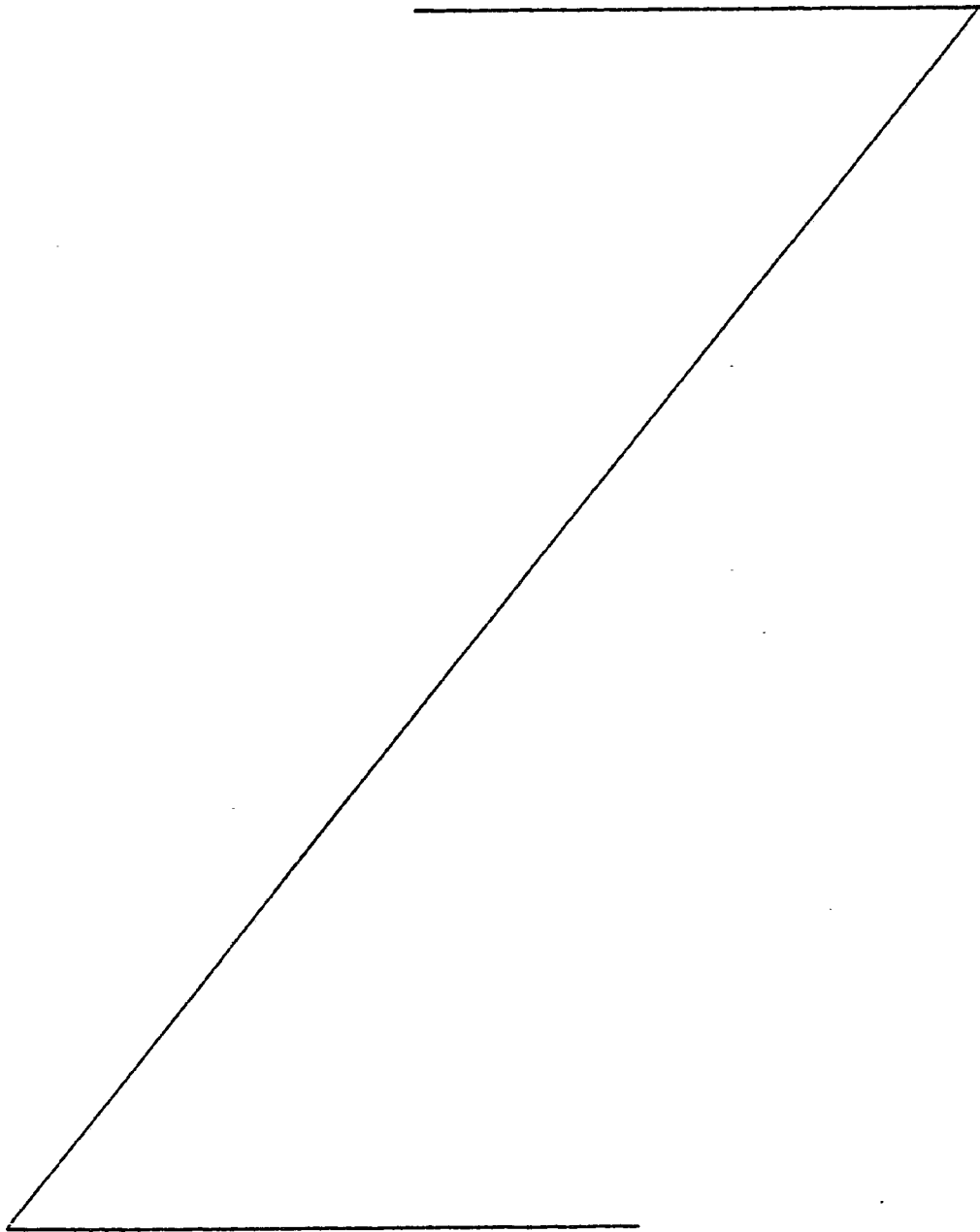
Contenido de ferrita, magnetismo y resistencia a la corrosión en condición sensibilizada de los aceros de la Tabla V(a)

No. de la carga	Porcentaje de ferrita	Porcentaje de magnetismo laminado en frío	Sensibilizado	
			Porcentaje Huey libra/pulgada ²	Carburo solar
4639-1 ¹	3	9	0,0050	C-3
4639-2 ²	2	5	0,0018	C-3
4639-3 ²	0	3	0,0013	C-3
4640-1 ¹	5	13	0,0022	C-2
4640-2 ²	3	8	0,0008	C-1
4640-3 ²	2	4	0,0005	C-1
4641-1 ¹	10	14	0,0028	C-1
4641-2 ²	5	8	0,0011	C-1
4641-3 ²	2	4	0,0008	C-1
4642-1 ²	0	3	0,0021	C-3
4642-2 ²	0	3	0,0010	C-3
4642-3 ²	0	3	0,0014	C-3

1) Acero de la invención.

2) Aceros de la invención con la mejor combinación de las propiedades.

5 En la Tabla V(c) siguiente se muestran las propiedades mecánicas de los doce aceros de la Tabla V(a) a 24°C y a 538°C, incluyendo la resistencia a la deformación elástica al 0,2 % en kilopondios por pulgada cuadrada, la resistencia última a la tracción en kilopondios/pulgada², el porcentaje de alargamiento en 50,8 mm en ambas condiciones de temperatura y la dureza Rockwell a 24°C.



T A B L A V(c)

Propiedades mecánicas de los aceros de la Tabla V(a) a 24°C y a 538°C

No. de la carga	Resistencia a la deformación elástica 0,2% (Kp/pulgada ²)	Resistencia última a la tracción (Kp/pulgada ²)	Porcentaje de alargamiento en 50,8 mm	Dureza Rockwell _C	Resistencia a la deformación elástica 0,2% (Kp/pulgada ²)	Resistencia última a la tracción (Kp/pulgada ²)	Porcentaje de alargamiento en 50,8 mm
4639-1 ¹	95,7	137,8	34	25	55,1	93,8	32
4639-2 ²	93,3	136,5	34	23	50,8	94,2	32
4639-3 ²	91,4	135,5	35	22,5	50,5	93,5	33
4640-1 ¹	87,6	134,3	36	22,5	50,7	91,4	35
4640-2 ²	83,0	131,7	39	20,5	47,4	89,3	34
4640-3 ²	76,9	128,0	40	18	46,6	87,7	38
4641-1 ¹	93,2	137,1	32	25	56,2	92,8	32
4641-2 ²	88,6	133,2	36	23	49,5	92,5	28
4641-3 ³	85,2	136,1	35	22	47,7	92,0	28
4642-1 ²	85,1	132,5	36	21	50,0	94,4	30
4642-2 ²	85,2	132,0	35	21	50,2	95,0	32
4642-3 ²	86,3	133,2	35	21,5	49,2	94,3	31

1) Aceros de la invención.

2) Aceros de la invención con la mejor combinación de propiedades.

T A B L A V(c)

Propiedades mecánicas de los aceros de la Tabla V(a) a 24°C				
No. de la carga	Resistencia a la deformación elástica 0,2 % (Kp/pulgada ²)	Resistencia última a la tracción (Kp/pulgada ²)	Porcentaje de alargamiento en 50,8 mm	Dureza Rockwe
4639-1 ¹	95,7	137,8	34	25
4639-2 ²	93,3	136,5	34	23
4639-3 ²	91,4	135,5	35	22
4640-1 ¹	87,6	134,3	36	22
4640-2 ²	83,0	131,7	39	20
4640-3 ²	76,9	128,0	40	18
4641-1 ¹	93,2	137,1	32	25
4641-2 ²	88,6	133,2	36	23
4641-3 ³	85,2	136,1	35	22
4642-1 ²	85,1	132,5	36	21
4642-2 ²	85,2	132,0	35	21
4642-3 ²	86,3	133,2	35	21

1) Aceros de la invención.

2) Aceros de la invención con la mejor combinación de propiedades.

a 24°C y a 538°C

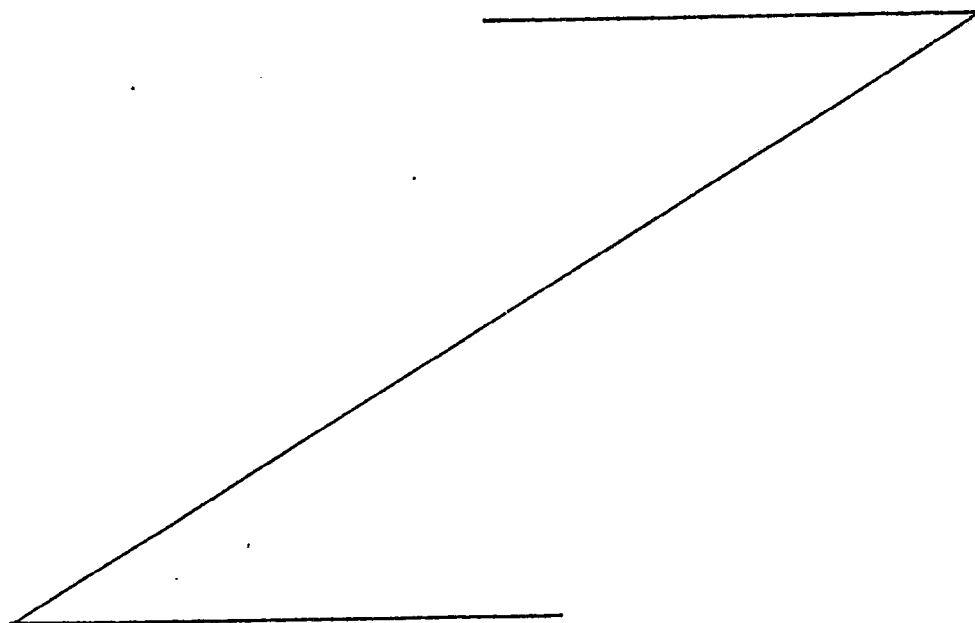
Dureza Rockwell _c	Resistencia a la deformación elástica 0,2 % (Kp/pulgada ²)	Resistencia última a la tracción (Kp/pulgada ²)	Porcentaje de alargamiento en 50,8 mm
25	55,1	93,8	32
23	50,8	94,2	32
22,5	50,5	93,5	33
22,5	50,7	91,4	35
20,5	47,4	89,3	34
18	46,6	87,7	38
25	56,2	92,8	32
23	49,5	92,5	28
22	47,7	92,0	28
21	50,0	94,4	30
21	50,2	95,0	32
21,5	49,2	94,3	31

Un estudio de los aceros de la Tabla V(a) con relación a la estructura, resistencia a la corrosión en la condición sensibilizada y propiedades de resistencia a la tracción tal como se muestran en las Tablas V(b) y V(c) revela inmediatamente que los aceros de cromo-níquel-manganeso-molibdeno-nitrógeno de nuestra invención, con un contenido de cromo de un 23,5 % a un 24,5 %, de manganeso de un 4,5 % a un 5,5 %, de molibdeno de un 2 %, es decir, de 1,75 % a un 2,25 %, de nitrógeno de un 0,3 % a un 0,4 %, carbono no superior al 0,05 %, con uno o ambos de los ingredientes columbio en un 0,15 % a un 0,25 % y vanadio de un 0,15 % a un 0,30 %, emplea algo más del 9 % de níquel para conseguir la necesaria resistencia a la corrosión en condición sensibilizada. A este respecto, se observa que los aceros con un contenido de un níquel de un 9,1 % (cargas Nos. 4639-1, 4640-1 y 4641-1) se caracterizan por porcentajes Huey y contenidos de ferrita en condición laminada en frío, tal como demuestra la prueba magnética, que pueden ser inaceptable para muchas aplicaciones.

Los aceros con contenidos de níquel de un 10 % en adelante, como se observará, se caracterizan por porcentajes bajos de Huey, bajo contenido de ferrita, bajo magnetismo en condición laminada en frío y elevada resistencia a la deformación elástica tanto en temperatura ambiente como en temperaturas elevadas. Hay que observar particularmente que son los aceros con un contenido de níquel de un 11,5 a un 15,5 % los que son austeníticos prácticamente en su totalidad (cargas Nos. 4639-3, 4640-3, 4641-3, 4642-1, 4642-1, 4642-2 y 4642-3), asegurándose la estructura totalmente austenítica en los tres últimos aceros en los que las gamas de níquel varían de un 13 a un 15,5 %, y en los que este metal se contiene columbio y

vanadio en las cantidades anteriormente indicadas. No obstante, la mejor resistencia se obtuvo en los aceros en los que el columbio se encontraba presente en cantidades del 0,15 al 0,25 %, pero faltaba el vanadio, y en los que el contenido de níquel es más bien bajo (carga No. R4639-1).

El mejor acero, según nuestra invención, además de gozar una combinación sorprendente de resistencia, ductilidad, resistencia a la corrosión en condición sensibilizada y una estructura prácticamente austenítica, incluso después de una drástica reducción en frío, se caracteriza también por una buena resistencia al ataque corrosivo por los ácidos y sales comunes, tales como el ácido sulfúrico, el ácido clorhídrico y el cloruro férrico. Una comparación entre las cualidades de resistencia a la corrosión de nuestro acero, de composiciones tales como las que se establece en la Tabla VI(a) siguiente, y las del conocido acero AISI tipo 316, un acero que se utiliza ampliamente debido a sus excepcionales características de resistencia a la corrosión puede verse en la siguiente Tabla VI(b).



T A B L A VI(a)

Composición química de seis aceros según la invención y del conocido tipo 316

No. de la carga	C	Mn	Si	Cr	Ni	N	Mo	Cb	V
R6766	0,033	5,22	0,30	23,16	12,29	0,31	2,84	--	--
R6767	0,036	5,15	0,32	23,10	12,22	0,31	2,84	0,29	--
R6971	0,056	5,36	0,42	23,77	13,68	0,31	1,98	0,21	0,20
R6972	0,058	5,30	0,43	23,84	13,65	0,33	2,20	0,23	0,21
R6973	0,050	5,46	0,41	23,35	13,72	0,33	2,42	0,21	0,21
R6974	0,055	5,14	0,43	23,90	13,57	0,32	2,63	0,24	0,20
Tipo 316 44328	0,054	1,74	0,72	17,51	13,09	--	2,82	--	--

NOTA: Todas las cargas con un 0,020 % de fósforo máximo, y 0,015% de azufre máximo.

T A B L A VI(a)

Composición química de seis aceros según la invención y del con

No. de la carga	C	Mn	Si	Cr	Ni	N	Mo
R6766	0,033	5,22	0,30	23,16	12,29	0,31	2,84
R6767	0,036	5,15	0,32	23,10	12,22	0,31	2,84
R6971	0,056	5,36	0,42	23,77	13,68	0,31	1,98
R6972	0,058	5,30	0,43	23,84	13,65	0,33	2,20
R6973	0,050	5,46	0,41	23,35	13,72	0,33	2,42
R6974	0,055	5,14	0,43	23,90	13,57	0,32	2,63
Tipo 316 44328	0,054	1,74	0,72	17,51	13,09	—	2,82

NOTA: Todas las cargas con un 0,020 % de fósforo máximo, y 0,015% de azuf

y del conocido tipo 316

Mo	Cb	V
2,84	—	—
2,84	0,29	—
1,98	0,21	0,20
2,20	0,23	0,21
2,42	0,21	0,21
2,63	0,24	0,20
2,82	—	—

5% de azufre máximo.

El porcentaje de contenido de ferrita de los aceros de la invención y del tipo 316 que se da en la Tabla VI(a) anterior, así como el ataque por una solución al 10 % de cloruro férrico, medida en gramos por pulgada² durante una exposición de 50 horas, midiéndose el ataque en pulgadas por año por una solución caliente al 5 % de ácido sulfúrico por una solución caliente al 1 % de ácido clorhídrico, todas ellas como media de 5 periodos de 48 horas, se dan en la Tabla VI(b) siguiente.

T A B L A VI(b)

Contenido de ferrita y propiedades generales de resistencia a la corrosión de los aceros de la Tabla VI(a)

No. de la carga	Porcentaje de ferrita	FeCl ₃ al 10%. 50 h g/pulgada ² (1)	H ₂ SO ₄ al 5% a 80°C pulgada/año (1)	HCl al 1% a 80°C (pulgada/año) (2)
R6766	1,5	0	0	0
R6767	5	0	0	0
R6971	0	0	0	0
R6972	0	0	0	0
R6973	0	0	0	0
R6974	0	0	0	0
Tipo 316 44328	0	0,0099	0-0,0470	0-0,2980

1) Media de cinco periodos de 48 horas.

NOTA: Las muestras se activan electrolíticamente durante los periodos tercero, cuarto y quinto. Cuando las muestras mostraban condiciones tanto activas como pasivas se muestran ambos porcentajes.

Se observará por los resultados contenidos en la Ta-

bla VI(b) anterior, que, si bien el acero del tipo 316 sufre una pérdida de 0,0099 gramos/pulgada² después de 50 horas en una solución de cloruro férrico al 10 %, nuestro acero es inmune a dicho ataque. Y mientras que el acero del tipo 316, durante la media de cinco períodos de 48 horas en una solución de ácido sulfúrico al 5 % (80°C) sufre una pérdida de 0,0470 pulgadas/año en una solución caliente al 1 % de ácido clorhídrico (80°C), un ataque a la velocidad de 0,2980 pulgada/año, el acero de nuestra invención, queda inmune a ambos, no sufriendo ningún ataque mensurable. Se observará también que mientras que dos de los aceros de nuestra invención (cargas Nos. R6766 y R6767) contienen una pequeña cantidad de ferrita, los mejores aceros con contenido algo superior de níquel están libres de ferrita como ocurre con el tipo 316.

El mejor acero según nuestra invención, con buenas características generales de resistencia a la corrosión, tal como se ha dicho anteriormente, consiste fundamentalmente en un 23 % a un 24 % de cromo, un 12 % a un 14 % de níquel, (más especialmente de un 13 % a un 14 % de níquel), de un 4,5 a un 5,5 % de manganeso, de un 0,2 % a un 0,4 % de nitrógeno, de un 1,7 % a un 2,9 % de molibdeno (más especialmente de un 1,75 % a un 2,75 % de molibdeno), de un 0,1 % a un 0,4 % de columbio (más especialmente de un 0,2 % a un 0,3 % de columbio), con un sin de un 0,1 % a un 0,4 % de vanadio (más especialmente de un 0,1 % a un 0,3 % de vanadio incluido), con un contenido de carbono no superior al 0,67 %, siendo el resto prácticamente en su totalidad hierro.

Así, en conclusión, se comprobará que proporcionamos en nuestra invención un acero inoxidable austenítico de cromo-níquel-manganeso-nitrógeno con una o más, y para una me

5 jor combinación de propiedades, dos o más de los ingredientes
adicionales molibdeno, columbio y vanadio. En este acero se
han alcanzado los diversos objetos anteriormente establecidos,
junto con muchas y nuevas e imprevistas ventajas. El acero
de nuestra invención goza de la mejor combinación de propieda-
des, es totalmente austenítico en todas las condiciones y, ade-
más, resistente al ataque intergranular en condición sensibili-
zada, es decir, en condición soldada. Por otra parte, el ace-
ro que goza de la mejor combinación de propiedades posee una
buena resistencia a la tracción y una buena resistencia a la
deformación elástica, tanto a la temperatura ambiente como a
temperaturas elevadas.

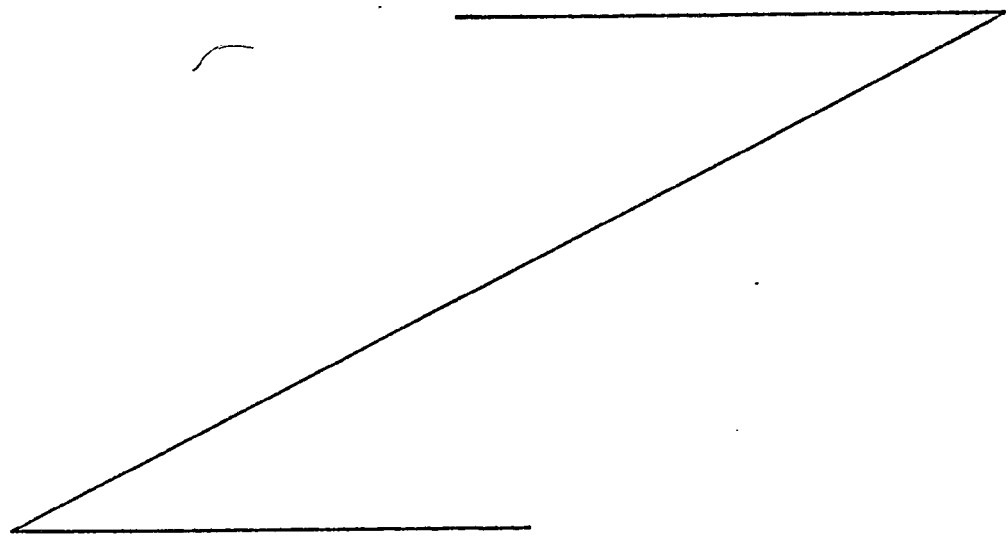
15 Nuestro acero en forma de productos laminados pla-
nos o, igualmente, en forma de productos estirados, forjados o
moldeados, se presta a una variedad de operaciones de confor-
mado, modelado y mecanizado, así como a cobresoldadura, solda-
dura y similares, en la producción de una variedad de produc-
tos destinados al uso en las industrias aeroespacial, química
y del petróleo. En la industria de la aviación, nuestro ace-
ro es particularmente apropiado para la producción de conduc-
tos y tuberías que operen a temperaturas elevadas, es decir,
temperaturas cercanas a los 538°C , utilizándose los conduc-
tos o tuberías en condición recocida o en condición estirada
en frío. Es particularmente adecuado para conductos neumáti-
cos y estructurales. Nuestro acero es también apropiado para
utilizar en forma de abrazaderas y fuelles. Además, es apro-
piado para la producción de tanques para productos químicos de
desfoliación así como para tanques, tubos, fuelles y similares
en diversas aplicaciones criogénicas.

30 En una palabra, nuestro acero es totalmente apropiado

do para las muchas y diversas aplicaciones en las que se utilizan aceros inoxidable austeníticos standard, pero en las que se consideran convenientes otras propiedades adicionales de resistencia y/o poco peso, ya que nuestro acero goza de una superior relación entre resistencia y peso. Y, como se ha dicho antes, el acero se caracteriza por la resistencia a la corrosión intercrystalina en condición sensibilizada, es decir, en la condición que sigue a la operación de soldadura, así como una buena resistencia general a la corrosión en las condiciones que se encuentran en uso.

Dado que existen muchas realizaciones que pueden hacerse en nuestra invención, y se pueden introducir muchas variaciones en las realizaciones anteriormente expuestas, se comprenderá que toda la materia aquí descrita debe interpretarse como ilustrativa y no simplemente como limitativa.

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.



REIVINDICACIONES

5 1ª.- Procedimiento para la producción de un acero inoxidable austenítico, que comprende las etapas de fundir una carga de acero inoxidable en un horno eléctrico; moldear el
10 acero fundido en lingotes; convertir los lingotes en palanquillas y tochos y laminarlos en caliente a placas, chapas, tiras, barras, varillas y alambres; caracterizado porque se añaden a dicho acero fundido molibdeno, vanadio y, si se desea, columbio, ajustándose la mezcla para proporcionar lingotes
15 formados fundamentalmente por un 20,5 % a un 25 % de cromo, de un 6 % a un 17 % de níquel, de un 3,5 % a un 7 % de manganeso, de un 0,15 % a un 0,50 % de nitrógeno, de un 0,5 % a un 5 % de molibdeno, de un 0,05 % a un 0,5 % de vanadio, de 0 a 0,7% de columbio, de un 0,03 % a un 0,06 % de carbono, silicio en
20 cantidad no superior a un 0,7 %, siendo el resto fundamentalmente hierro, con lo que se obtiene un acero aleado prácticamente austenítico en condición laminada en caliente con una resistencia a la tracción superior a 7.000 Kg/cm² a la temperatura ambiente, y una excelente resistencia a la corrosión intercrystalina después de calentamiento a 675°C durante una hora.

25 2ª.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende las etapas adicionales de reducir en frío el acero laminado en caliente, con una reducción en el espesor de un 60 %, y recocer a unos 925 a 1150°C.

3ª.- Procedimiento según las reivindicaciones 1 y 2, caracterizado porque se añade alrededor de un 0,5-4 % de molibdeno y de un 0,1 % a un 0,7 % de columbio a dicho acero fundido.

30 4ª.- Procedimiento según las reivindicaciones 1 ó 2,

5 caracterizado porque se ajusta la mezcla para proporcionar al-
rededor del 23 al 25 % de cromo, de un 9,5 % a un 15,5 % de
níquel, de un 4 % a menos del 6 % de manganeso, de un 0,20% a
un 0,40 % de nitrógeno, de un 1,5 % a un 2,5 % de molibdeno,
de un 0,2 a un 0,4 % de columbio, de un 0,1 % a un 0,5 % de
vanadio, de un 0,03 % a un 0,06 % de carbono, de un 0,25 % a
un 0,4 % de silicio, y siendo el resto prácticamente en su to-
talidad hierro.

10 5ª.- Procedimiento para la producción de un acero
inoxidable austenítico, tal y como queda sustancialmente des-
crito en la presente Memoria.

Esta Memoria consta de 60 hojas, escritas a máquina
por una sola cara.

Madrid 25 OCT. 1977

15

ARMCO STEEL CORPORATION

J. M. GOMEZ ACEBO Y POMBO

p. p. Firmado: J. Suarez Diaz

