

A 88386
Case CS-200-A EAG(LJR)



32 3592

MEMORIA DESCRIPTIVA

que se presenta para unir a la solicitud
de

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

formulada el 26 de Febrero de 1.966, con el núm. 323.592

en

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:
"MEJORAS INTRODUCIDAS EN LA FABRICACION DE ACEROS INOXIDA
BLES"

=====

Esta solicitud se refiere a aceros inoxidables,
y, más particularmente, a aceros inoxidables que contie-
nen cromo de propiedades mejoradas de fácil mecanización.

La serie AISI "400" de aceros inoxidables son
5 aceros al cromo puros u ordinarios para aplicaciones de
uso general que requieren buena resistencia a la corro-
sión, debida, fundamentalmente, a los contenidos de cromo



relativamente alta de los mismos. Todos estos aceros al cromo puros pueden forjarse y mecanizarse, pero algunos son relativamente más forjables o relativamente más mecanizables que otros. La capacidad de mecanización de los aceros inoxidables es una característica esencial en una amplia variedad de aplicaciones finales, y algunos de los aceros inoxidables de la técnica anterior se han ideado teniendo en cuenta particularmente una capacidad mejorada de mecanización. Por ejemplo, el acero inoxidable AISI Tipo 416, que contiene generalmente un máximo de 0,15% de carbono, un máximo de 1,25% de manganeso, máximo de 1,0% de silicio, aproximadamente 0,06% de fósforo, un máximo de 0,60% de molibdeno o circonio, aproximadamente 12 a 14% de cromo, y el resto hierro, contiene una adición de azufre de aproximadamente 0,15% como mínimo, para aprovechar la ya conocida propiedad del azufre de mejorar la capacidad de mecanización. Los aceros tales como el Tipo 416 son aceros endurecibles que tienen una microestructura martensítica, y que contienen cantidades opcionales añadidas de molibdeno o circonio, que generalmente se consideran causantes de un efecto beneficioso en la resistencia a la corrosión y en la capacidad de trabajado en caliente, respectivamente.

Para muchas aplicaciones que requieren un trabajo mecánico prolongado, incluyendo la mecanización, es necesario que tales aceros inoxidables sean susceptibles de ser recocidos a un grado bajo de dureza de un Índice de dureza Brinell (BHN) de aproximadamente 200. Los aceros tales como el tipo 416 pueden tratarse por calor hasta valores mayores de dureza, y esta característica de endure-



cimiento es, desde luego, muy importante en muchas aplicaciones en las que el uso final requiere una aleación de dureza relativamente alta. En tales aceros de la técnica anterior se pueden conseguir comúnmente durezas, por tratamiento térmico, de BHN aproximadamente 370.

5 Como consecuencia de la amplia y creciente variedad de las aplicaciones finales requeridas, la técnica anterior ha proporcionado una gama de variaciones en las composiciones de aceros inoxidables básicas, en las que se varían las propiedades de los aceros, por alteraciones en la composición y en los factores de tratamiento, para conseguir el acero específico para un uso particular deseado.

10 La técnica anterior ha puesto un énfasis especial en la mejora de la capacidad de mecanización de los aceros inoxidables, por ejemplo por adición de varias cantidades de azufre, y, en el caso de algunos aceros, por alteración de sus microestructuras, por ejemplo, por un particular equilibrio de los elementos de aleación y por medio de un tratamiento térmico especial. Como consecuencia, la industria productora de acero proporciona aceros inoxidables al cromo que tienen estructuras completamente martensíticas; otros con estructuras totalmente ferríticas, así como aceros que tienen una estructura dúplex o de dos fases, es decir, que contienen una mezcla de martensita y ferrita,

15 mejorando sustancialmente esta última fase, que es más blanda que la martensita, la capacidad de mecanización de tales aceros, en comparación con los aceros de naturaleza martensítica. No obstante, tales alteraciones microestructurales van acompañadas por inevitables cambios en las propiedades, tal como disminución de la dureza máxima que

20

25

30



se puede conseguir después de un tratamiento térmico. Además, la adición de aditivos de mecanización fácil, tal como el azufre, perjudica otras propiedades del acero tales como la resistencia a la corrosión, la calidad de la superficie mecanizada y la forjabilidad.

Se ha descubierto ahora que utilizando ciertas cantidades limitadas de azufre y manganeso, y equilibrando estos elementos uno con otro de una forma limitada, y por equilibrio adecuado de los demás elementos de aleación, pueden obtenerse aceros inoxidable que contienen cromo, nuevos y perfeccionados, que tienen una capacidad de mecanización notablemente mejorada, juntamente con una conservación de otras propiedades deseables y necesarias.

Más particularmente, se proporciona, según la invención, un acero inoxidable de mejor capacidad de mecanización, que consta esencialmente, en peso por ciento, de aproximadamente:

11 a 30% de cromo

hasta 1,20% de carbono más nitrógeno

hasta 0,60% de molibdeno más circonio

hasta 1,0% de silicio

de 0,18 a 0,50% de azufre

de 0,80 a 5,0% de manganeso

hasta 3,0% de níquel

hasta 2,0% de cobre

hasta 5% de aluminio

el resto, hierro, excepto las impurezas incidentales,

tales,

y teniendo dicho acero una relación de manganeso a azufre

de al menos aproximadamente 3 a 1.



Una realización preferida de las nuevas aleaciones de la invención comprende un acero inoxidable al cromo puro de capacidad de mecanización mejorada, que consta esencialmente, en peso, de desde aproximadamente 11 hasta aproximadamente 15% de cromo, hasta aproximadamente 0,20% de carbono, menos de aproximadamente 0,35% de molibdeno + circonio, hasta aproximadamente 1,0% de silicio, aproximadamente 0,18 a aproximadamente 0,45% de azufre, desde más de 0,80 hasta aproximadamente 4,0% de manganeso, y el resto es hierro, excepto las impurezas incidentales, y cantidades muy pequeñas de elementos opcionales de aleación que no perjudican las propiedades del acero, y en el que la proporción de azufre y de manganeso se escogen de tal manera que la relación de manganeso a azufre está entre aproximadamente 3 a 1 y 10 a 1.

Los objetos y ventajas de la invención se harán evidentes más fácilmente por inspección de la siguiente descripción detallada y de los dibujos anexos, en los que:

La figura 1 ilustra gráficamente la relación entre el equivalente de cromo y el contenido de ferrita en los aceros inoxidables al cromo ensayados;

la figura 2 ilustra la relación entre el contenido de ferrita y la capacidad de mecanización por tala-dro de los aceros inoxidables al cromo ensayados;

la figura 3 es una representación gráfica de la relación entre el contenido de azufre y la capacidad de mecanización, expresada como diferencia entre la capacidad de mecanización real y la calculada de una serie de aleaciones de ensayo de la variedad ordinaria que contiene cromo;



la figura 4 es un gráfico que relaciona el contenido de manganeso y el índice de capacidad de mecanización por taladrado para la serie antedicha de composiciones de ensayo;

5 la figura 5 relaciona gráficamente la relación de manganeso a azufre con la diferencia entre la capacidad de mecanización del ensayo y la calculada de dicha serie de aleaciones de ensayo;

10 la figura 6 es un gráfico que relaciona el contenido de manganeso, el contenido de azufre y la capacidad de mecanización de dicha serie de aleaciones ensayadas, y

15 la figura 7 es un gráfico de barras que ilustra la relación entre las capacidades de mecanización de ciertos aceros inoxidables al cromo ordinario de la técnica anterior y las de los aceros de esta invención.

20 La composición química del acero, así como su dureza, afectan a la capacidad de mecanización. Se ha comprobado que, de los posibles elementos de aleación de los aceros del tipo que se estudia en la Memoria, los elementos azufre y manganeso, juntamente con la relación particular de uno de estos elementos al otro, son especialmente significativos en lo que respecta a la capacidad de mecanización. Los otros elementos de aleación que están, o
25 pueden estar, presentes, como el cromo, molibdeno, níquel, carbono, nitrógeno, silicio, cobre o aluminio, causan su efecto sobre la capacidad de mecanización fundamentalmente de un modo indirecto, a través de la alteración de la estructura metalográfica del acero, por ejemplo produciendo más o menos ferrita en la estructura, según las canti-

30



dades y proporciones presentes de tales elementos. Así, se ha comprobado que la capacidad de mecanización de estos aceros puede calcularse según la ecuación

$$\text{CDM} = 187,0 + 46,5 \ln S + 16,71 \text{ Mn/S} +$$

$$5 \quad 0,25 \text{ ferrita} - 0,20 \text{ Bhn} \quad (\text{Ecuación. 1})$$

donde

CDM = capacidad calculada de mecanización por taladro

\ln = logaritmo de base "e" (neperiano)

S = tanto por ciento en peso de azufre

10 Mn/S = relación de manganeso a azufre

ferrita = tanto por ciento en volumen de ferrita de alta temperatura

Bhn = Índice de dureza Brinell

15 El contenido de ferrita, a su vez, es función de las cantidades presentes de los elementos que favorecen la formación de ferrita y de austenita, expresadas en "equivalente de cromo", según la ecuación siguiente:

$$\text{Equivalente de cromo} = \% \text{ de Cr} + \% \text{ de Si} +$$

$$1,5(\% \text{ de Mo}) + 10(\% \text{ de}$$

$$20 \quad \text{Al}) - \% \text{ de Ni} - \% \text{ de}$$

$$\text{Cu} - 30 (\% \text{ de C} + \%$$

$$\text{de N})$$

(Ecuación 2)

25 La relación entre el "equivalente de cromo" de ciertos aceros experimentales (Tabla I siguiente) y el contenido de ferrita de los aceros, se ilustra gráficamente en la figura 1.

30 Así pues, el empleo de la ecuación 2 y la relación de la figura 1, juntamente con la ecuación 1, más el conocimiento de la dureza, permite el cálculo de la capacidad de mecanización por taladro de un acero dado. La re



lación de la ecuación 1 es aplicable a aceros que tienen un contenido de azufre de desde aproximadamente 0,18% hasta aproximadamente 0,50%, en los que la relación de manganeso a azufre está entre aproximadamente 3 a 1 y 10 a 1, y en los que el contenido de ferrita es de hasta aproximadamente 50% y la dureza es de aproximadamente 175 a 275 Bhn. Pueden deducirse relaciones similares para otros aceros a los que puede aplicarse la invención.

Si los índices de capacidad de mecanización así calculados para unos aceros particulares (corregidos para un valor normal de equivalente de cromo constante, por ej. uno que corresponda a cero por ciento de ferrita, y a una dureza normal de 200 Bhn), se comparan con los índices de capacidad de mecanización obtenidos por ensayos reales de capacidad de mecanización de esos aceros, la diferencia entre los índices calculados y los de ensayo sirve como clara indicación del efecto sobre la capacidad de mecanización de la variable en estudio, tal como el contenido de azufre, el contenido de manganeso, o la relación de manganeso a azufre.

De esta forma, se encuentra un efecto beneficioso creciente del azufre en la capacidad de mecanización hasta una concentración de aproximadamente 0,50%, y del manganeso hasta una concentración de aproximadamente 3 ó 4%. Sin embargo, también encontramos que la capacidad de mecanización depende también de la relación de manganeso a azufre, aumentando muy rápidamente hasta una relación de manganeso a azufre de aproximadamente 3 a 1, aumentando más lentamente después hasta una relación de aproximadamente 10 a 1, y aumentando después muy poco o nada en

323592



1960

absoluto para posteriores aumentos de esta relación. Se encuentra también que para conseguir la máxima capacidad de mecanización, el molibdeno ha de limitarse a menos de 0,35%, y preferiblemente a menos de 0,15%. Este elemento puede sustituirse total o parcialmente por wolframio; de tal modo que la cantidad total de estos dos elementos, aunque puede permitirse llegar hasta aproximadamente 0,60%, se limita preferiblemente al valor máximo antedicho.

Estos resultados se obtuvieron por medio de la producción y el ensayo de una serie de aceros, como se expone en la Tabla I, que da, no solamente las composiciones de los aceros, sino también, para cada acero, el equivalente de cromo (determinado por medio de la ecuación 2 anterior) el contenido de ferrita real observado, el Índice de dureza Brinell, el índice de capacidad de mecanización por taladro de ensayo real u observado, así como la capacidad de mecanización por taladro corregida para 0% de ferrita y dureza normal (200 Bhn).



323592

TABLA VII

323592

Carga nº	Mn(%)	S(%)	C(%)	Resistencia a la rotura por tracción (Kg/cm ²)	Límite elástico a 0,2% (Kg/cm ²)	Alargamiento (%)	Reducción de sección (%)	Ensayo Charpy, con entalla en V (kg-cm)	Dureza
A. Austenitizada a 9820C/1 hr, temple rápido en aceite, revenido a 3150C/4 horas, enfriadas en aire									
1188	0.36	.33	0.099	13293	11466	6.0	32.6	95,9	40.5 R _C
1189	0.55	.34	0.090	13048	10962	8.0	32.6	123,3	38.0
1233	0.67	.35	0.101	13353	11214	11.0	33.8	150,7	36.5
1190	0.81	.33	0.097	13083	10983	8.0	31.2	137	39.5
1191	1.02	.34	0.095	12908	10626	9.0	29.4	137	40.5
1234	1.27	.35	0.113	13377	10668	10.0	37.4	150,7	38.5
1235	1.85	.35	0.113	13118	10353	12.0	35.2	150,7	38.5
1236	2.59	.34	0.100	13063	10353	11.0	37.6	150,7	38.5
B. Austenitizadas a 10100C/1/2 hr, temple rápido en aceite; revenido a 5930C/4 horas, enfriadas en aire									
1188	0.36	.33	0.099	8624	7511	10.0	41.4	219	101.5 R _b
1189	0.55	.34	0.090	8624	7483	13.0	43.2	205	97.5
1233	0.67	.35	0.101	8554	7182	16.0	46.9	246	99.5
1190	0.81	.33	0.097	8624	7518	13.0	40.8	246	97.0
1191	1.02	.34	0.095	8449	7350	12.0	41.4	246	99.5
1234	1.27	.35	0.113	8519	7168	14.0	47.2	301,4	98.5
1235	1.85	.35	0.113	8134	6825	19.0	49.6	287,7	99.0
1236	2.59	.34	0.100	8008	6734	16.0	47.8	287,7	97.0
C. Austenitizadas 10100C durante 1/2 hora, temple rápido en aceite; revenido a 7040C/4 horas, enfriadas en aire									
1233	0.67	.35	0.101	6706	4949	26.0	56.1	-	91.5
1234	1.27	.35	0.113	6622	4795	26.0	56.7	-	90.5
1235	1.85	.35	0.113	6902	4746	23.0	52.1	-	92.5
1236	2.59	.34	0.100	8624	5929	16.0	41.2	-	99.5

119 23.1

323592

TABLA I

Carga No	Composición											Eq. de Or	Conteni- do de fe- rrita % en volu- men	Dure- za Bhn	Capacidad de me- canización de- terminada en el ensayo	Capacidad de meca- nización corregida para 200 Bhn y 0% de ferrita	
	C	Mn	S	Si	Ni	Cr	Mo	Cu	Ti	Zr	Al						Mn/S
165	.23	.49	.10	.12	.25	14.16	.12	.05				4.90	6.6	0	206	63	64
166	.23	.45	.09	.39	.24	14.18	.12	.05				5.00	6.9	0	201	67	67
165A	.113	.45	.14	.10	.28	12.66	.13	.05				3.21	8.6	0	185	74	71
166A	.107	.43	.15	.36	.28	12.74	.10	.06				2.87	9.1	0	196	78	77
169	.22	.45	.10	.43	.33	14.18	.12	.05			.04	4.50	7.6	0	203	66	67
170	.22	.45	.10	.40	.36	14.14	.11	.06			.11	4.50	8.2	0	195	66	65
171	.23	.45	.10	.45	.33	14.12	.12	.07			.22	4.50	9.1	0	192	70	68
172	.23	.46	.10	.42	.35	14.04	.12	.07			.54	4.60	13.1	0	190	76	74
169A	.110	.40	.15	.35	.24	12.88	.12	.06			.05	2.67	9.7	1	190	83	81
170A	.101	.39	.15	.34	.24	13.00	.13	.06			.11	2.60	10.7	15	187	85	79
171A	.100	.42	.25	.39	.39	12.68	.13	.11			.14	1.68	10.6	9	194	99	96
172A	.103	.41	.24	.39	.39	12.68	.13	.11			.55	1.71	14.6	36	188	102	91
173	.109	.45	.21	.42	.38	12.88	.12	.10				2.14	9.1	0	194	94	93
174	.100	.42	.21	.39	.38	12.68	.12	.10	.05			2.14	9.4	1	195	94	93
175	.118	.44	.26	.39	.39	12.62	.12	.12	.10			1.69	9.1	1	201	98	98
177	.108	.45	.17	.41	.36	12.14	.13	.10				2.65	8.4	0	191	89	87
178	.105	.44	.17	.39	.35	12.08	.12	.10	.034			2.58	9.0	0	192	89	87
179	.107	.39	.19	.37	.38	11.76	.12	.10				2.06	8.3	0	192	90	88
181	.107	.52	.26	.42	.40	12.44	.12	.12	.08			2.00	8.7	0	195	97	96
182	.104	.51	.32	.39	.40	12.38	.16	.13				1.59	8.8	0	195	99	98
183	.107	.52	.52	.41	.41	12.48	.24	.10				1.00	9.0	0	201	103	103
184	.105	.51	.62	.41	.39	12.46	.40	.10				0.84	9.2	0	198	99	99
183A	.107	.55	.34	.42	.38	12.82	.13	.12				1.62	9.1	0	197	102	101
184A	.096	.51	.39	.39	.38	12.74	.54	.11				1.31	10.2	1	204	102	103
185	.111	.72	.32	.42	.36	12.64	.21	.10				2.25	9.1	0	194	107	106



323592

323592



Las determinaciones del ensayo de capacidad de mecanización de la Tabla I se hicieron taladrando muestras forjadas en forma de barras de cada uno de los aceros experimentales, en una dirección perpendicular al eje longitudinal de la barra. Una taladradora vertical se hizo trabajar a 460 r.p.m. con un peso de 11,7 kilogramos suspendido de un brazo de palanca de 17,5 centímetros para proporcionar una carga constante sobre un taladro de 0,65 centímetros de diámetro. Cada muestra se taladró doce veces con tres diferentes taladros, siendo las cifras de la Tabla I los valores medios resultantes. El tiempo de taladrado transcurrido para producir un orificio de una profundidad de 1,0 centímetro se adoptó como medida de la capacidad de mecanización, y el índice de capacidad de mecanización del ensayo se determinó después hallando una relación entre un tiempo normal de taladrado (para una barra de acero inoxidable AISI tipo 303) y el tiempo de taladrado del ensayo, y multiplicando el resultado por 100. Según esto, las barras de ensayo con buena capacidad de mecanización por taladro mostraban un tiempo de taladrado menor que el normal (al que se asignó arbitrariamente un índice de capacidad de mecanización de 100), y por lo tanto tenían un índice de taladrado mayor de 100.

Los aceros de la Tabla I se prepararon en forma de cargas de laboratorio fundidas al aire de 22,5 kilogramos, cada una de las cuales se dividió en cuatro lingotes de 5,4 kilogramos por carga. De la parte superior de cada lingote se cortó una rodaja de 2,5 centímetros de espesor para el examen subsiguiente de la estructura que tenía tal y como había sido colado, y el resto de cada uno de los

323592



lingotes se transformó después por forjado en barras cuadradas de 1,87 centímetros, a una temperatura en el intervalo de 982 a 1150°C. Las barras forjadas se trataron después térmicamente con el objeto de conseguir una dureza de 200 Bhn. Para fines de determinación del índice de capacidad de mecanización por taladro, como se ha descrito hasta ahora, las barras se sometieron a austenitización durante una hora a 982°C, y se sometieron a un temple rápido en aceite, seguido de un revenido durante cuatro horas a una temperatura en el intervalo de 649 a 760°C, para conseguir la dureza deseada.

El efecto del equivalente de cromo, definido por la ecuación 2 anterior, sobre el contenido de ferrita, expresada en tanto por ciento en volumen, de los aceros de la Tabla I, se ilustra gráficamente en la figura 1 (construida con los datos de la Tabla I), en la que se observa que los aceros son esencialmente de estructura austenítica hasta un valor del equivalente de cromo de aproximadamente 9, después de lo cual los aumentos posteriores en el equivalente de cromo hacen que aparezca un contenido de ferrita y un progresivo aumento del mismo hasta proporciones muy sustanciales, por ej. 20% y mayores, para valores del equivalente de cromo de 10 y más.

La figura 2 (construida también con los datos de la Tabla I) ilustra gráficamente el efecto del contenido de ferrita sobre la capacidad de mecanización por taladro de los aceros de la Tabla I. Aunque los datos representados en la figura son dispersos, esa cifra es claramente indicativa de la mejora en la capacidad de mecanización por taladro al aumentar el contenido de ferrita, en



una proporción de aproximadamente 0,25 puntos en el índice de capacidad de mecanización por cada 1% de aumento en el contenido de ferrita (pendiente de la banda de dispersión). El último factor se utilizó en la corrección de los valores de ensayo observados de capacidad de mecanización para 0% de ferrita, tal y como se da en la última columna de la Tabla I. Estos últimos valores reflejan también la corrección de las cifras observadas de capacidad de mecanización a una dureza normal (200 Bhn). Tal corrección puede efectuarse, por ejemplo, con la ayuda de datos tales como los de la Tabla II, que relacionan la dureza observada (Bhn), con la diferencia entre los índices de capacidad de mecanización del ensayo y los calculados, datos que se obtuvieron experimentalmente para una serie de aceros que contienen cromo del tipo que se estudia

TABLA II

	<u>Dureza, Bhn</u>	<u>Diferencia (1) entre los índices de capacidad de mecanización de ensayo y los calculados</u>
20	172	-10
	181	-12
	190	-14
	199	-16
	208	-18
25	216	-20
	224	-22
	233	-24
	241	-26
	250	-28

30 (1) Diferencia media, prescindiendo de la dispersión de

323592



los datos experimentales.

5 El importante efecto del contenido de azufre en la capacidad de mecanización de los aceros de la Tabla I se representa gráficamente en la figura 3, en la que se observa que la adición de azufre da como resultado una rápida mejora de la capacidad de mecanización por taladro hasta una concentración de azufre de aproximadamente 0,45 ó 0,50%, pero que después se obtiene muy poca mejora, o ninguna, por incorporación de cantidades mayores de azu-

10 fre.

La figura 4 muestra que el índice de capacidad de mecanización por taladro de los aceros de la Tabla I aumenta hasta un máximo empleando manganeso a una concentración de aproximadamente 2,5 a 3,0% en aceros que tienen un contenido de azufre de aproximadamente 0,30 a 0,35%.

15

La figura 5 ilustra el importante efecto de la relación de manganeso a azufre en la capacidad de mecanización por taladro (expresada como la diferencia entre el índice de ensayo y el calculado de capacidad de mecanización por taladro), figura de la que puede observarse que la capacidad de mecanización por taladro mejora rápidamente aumentando la relación de manganeso a azufre a un valor de aproximadamente 6 u 8 hasta aproximadamente 10, después de lo cual solamente se obtiene una ligera mejora empleando mayores relaciones de manganeso a azufre.

20

25

Los datos de la Tabla I, y los gráficos de las figuras 3, 4 y 5 construídas con ellos, demuestran claramente la importancia y los distintos efectos de las variables, contenido de azufre, contenido de manganeso, y relación de manganeso a azufre, en la capacidad de mecaniza-

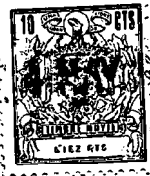
30

323592



ción de los aceros que se estudian. Según esto, y para evaluar los efectos combinados de estas variables en la capacidad de mecanización, con los datos de la Tabla I se construyeron los gráficos de la figura 6, en la que se relacionan contenidos variables de manganeso, contenidos de azufre (y con ello la relación de manganeso a azufre) y capacidad de mecanización por taladro. Las curvas de la figura 6 indicadas por "80", "90", "100", etc, representan índices constantes de capacidad de mecanización por taladro para los aceros de la Tabla I (comprendiendo una base de equivalente de cromo (0% de ferrita) y dureza (200 Bhn) constantes), y pueden deducirse bien representando gráficamente los índices de capacidad de mecanización de ensayo reales, bien empleando la ecuación 1.

Como se ha mostrado anteriormente en relación con la figura 5, y como se ilustra más claramente por medio de la figura 6, la velocidad de mejoramiento de la capacidad de mecanización por taladro, al aumentar la relación de manganeso a azufre, disminuye rápidamente para relaciones mayores de aproximadamente 10 a 1, aunque continúa una ligera mejora para relaciones mucho más elevadas, por ejemplo hasta 20, y aún mayores. No obstante, según las figuras 4 y 5, los contenidos de azufre superiores a aproximadamente 0,45-0,50%, y, para aceros de 0,30-0,35% de azufre, los contenidos de manganeso superiores a aproximadamente 3%, no producen ninguna mejora significativa posterior de la capacidad de mecanización. De modo similar, para aceros de mayor contenido de azufre, por ej. los que contienen hasta aproximadamente 0,50% de azufre, las proporciones de manganeso superiores a aproximadamente



4 a 5% no mejoran apreciablemente la capacidad de mecanización. En vista de ciertos efectos perjudiciales de las cantidades muy aumentadas de estos elementos, por ej. la disminución en la calidad superficial y en la resistencia a la corrosión debidas al azufre, y el efecto del manganeso de reducir la temperatura A_1 , disminuyendo así la temperatura máxima de recocido de laminación, y aumentando la mínima dureza obtenible por revenido y recocido de laminación para fines de mecanización, para los aceros de esta invención se establece como límite superior preferido una relación máxima de manganeso a azufre de 10 a 1. De modo similar, se establece un límite máximo para el azufre en 0,45-0,50%, y para el manganeso en 3 a 4 ó 5%, y preferiblemente aproximadamente 2,5%.

15 La superficie denominada "FG" en la figura 6 representa una variedad corriente de la composición general de aceros inoxidables AISI Tipo 416, es decir, el llamado acero de "grado de forjado o calidad para forjar", que contiene la cantidad usual de manganeso, es decir, aproximadamente 0,30 a aproximadamente 0,60%, juntamente con un contenido de azufre relativamente bajo, es decir, aproximadamente 0,15 ó 0,18 a 0,25%. El azufre, aunque muy conocido por su propiedad de mejorar la capacidad de mecanización de los aceros inoxidables, da también como resultado una reducida capacidad de forjado y reducida resistencia a la corrosión, así como una inferior calidad de acabado superficial. Así, el acero de grado de forjado usual, por su bajo contenido de azufre, es el más forjable de las variedades corrientes de aceros que se caracterizan generalmente como Tipo 416. Esta composición de acero, no obstante

323592



te, no es fácilmente mecanizable, y tiene, como se muestra en la figura 6, un índice máximo de capacidad de mecanización por taladro de aproximadamente 95.

5 La zona rayada de la figura 6, denominada "416", representa la composición "normal" del Tipo 416 de uso común, que tiene un contenido de azufre intermedio entre aproximadamente 0,25 y aproximadamente 0,35% ó 0,40%. Pro-
10 porcionalmente, la capacidad de mecanización de esta composición es mayor que la del material de grado de forjado (FG), es decir, tiene un índice de capacidad de mecanización por taladro, como se muestra en la figura 6, entre aproximadamente 85 y 105.

La técnica anterior también proporciona una composición del Tipo 416 de fácil mecanización, indicada por
15 la superficie "F" de la figura 6, en la que la mejor capacidad de mecanización (o sea, un índice de capacidad de mecanización por taladro entre aproximadamente 95 y 110, como se muestra en la figura 6), puede atribuirse al elevado contenido de azufre, desde más de aproximadamente
20 0,35, por ej. 0,40%, hasta aproximadamente 0,50%.

Los aceros "416 F" de la técnica anterior tienen microestructuras de dos fases, es decir, contienen
25 hasta aproximadamente 50% o más de ferrita libre. Sin embargo, estos aceros de dos fases que contienen ferrita son sustancialmente no endurecibles, al contrario que los aceros que no contienen ferrita libre, pero iguales a ellos por lo demás, con los que se pueden obtener durezas de
30 aproximadamente $R_c 40$ (370 Bhn). Este hecho limita algunas aplicaciones finales de los aceros que contienen ferrita, por ejemplo, aquellas aplicaciones en las que han de endu



recerse por tratamiento térmico piezas mecanizadas. Los
aceros de Tipo 416 de fácil mecanización de dos fases, ta
les como los que tienen composiciones que caen dentro de
la zona "F" de la figura 6, son los más mecanizables de
5 todos los aceros de Tipo 416 actualmente en uso de la téc
nica anterior.

La presente invención proporciona, utilizando
ciertas cantidades limitadas de azufre y manganeso, y
equilibrando estos elementos uno con otro en una forma li
10 mitada, y por equilibrio adecuado de los demás elementos
de aleación, nuevos aceros inoxidable que contienen cro
mo mejorados que tienen una capacidad de mecanización no
tablemente mejorada, juntamente con la conservación de
otras propiedades deseables y necesarias. Así pues, la
15 aplicación de los principios de la invención que se refie
ren a un equilibrio limitado de azufre y manganeso, produ
ce aceros mejorados que tienen todas las ventajas de los
aceros de la técnica anterior análogos a los tipos "416
FG", "416" (regular y de dos fases) y "416 F" (con dos fa
20 ses y sin dos fases), pero que tienen, adicionalmente,
una capacidad de mecanización muy mejorada.

Volviendo a hacer referencia a la figura 6, se
observarán zonas de la misma indicadas por "FG-E", "416-E"
y "F-E" respectivamente. Esas zonas representan composicio
25 nes de aceros, según la Tabla I, en las que el azufre y
el manganeso se seleccionan en intervalos y proporciones
limitados de cada uno de ellos, definidas por los límites
que se ilustran de sus zonas respectivas. Así, la zona
"FG-E" define una familia de aceros mejorados de grado de
30 forjado que contienen desde aproximadamente 0,18 hasta

323592



aproximadamente 0,25% de azufre, y desde aproximadamente 0,80 hasta aproximadamente 1,25% de manganeso. Al contrario que los aceros de grado de forjado de la técnica anterior, que tienen un índice de capacidad de mecanización por taladro, determinado por medio de los ensayos antedichos, desde aproximadamente 75 hasta aproximadamente 95. (como se muestra en la figura 6), los aceros mejorados de grado de forjado de la invención muestran un índice de capacidad de mecanización por taladro de desde aproximadamente 95 hasta aproximadamente 113, constituyendo así productos hasta ahora desconocidos con la técnica, o sea, aceros al cromo ordinarios, que, aunque fácilmente forjables a causa del contenido de azufre relativamente bajo, son también tan mecanizables como los aceros normales del Tipo 416 de la técnica anterior que tienen contenidos de azufre mucho más altos. El azufre, desde luego, aunque es beneficioso para la capacidad de mecanización, causa también una menor calidad de acabado superficial y menor resistencia a la corrosión. Por lo tanto, la mejora de la capacidad de mecanización sin efecto adverso sobre la calidad superficial constituye un paso adelante definitivo en la técnica.

De modo similar, la zona "416-E" de la figura 6 define un grupo de aceros mejorados de la composición básica general de la Tabla I, en los que hay azufre presente en la cantidad usual en el Tipo 416 normal, es decir, aproximadamente 0,25 hasta aproximadamente 0,35% ó 0,40%, pero en los que se utiliza una relación superior de manganeso a azufre limitando el manganeso a una concentración de desde aproximadamente 0,80 hasta aproximadamente 1,25%.

323592



5 Como se deducirá de las curvas de capacidad de mecanización constante de la figura 6, los aceros "416-E" mejorados de la invención muestran un índice de capacidad de mecanización por taladro de desde aproximadamente 105 hasta más de 120, en contraste con los aceros de la técnica anterior que tienen contenidos de azufre comparables, que tienen un índice de capacidad de mecanización de solo aproximadamente 85 a 105.

10 A continuación, la zona "F-E" de la figura 6 representa aceros que tienen contenidos de azufre comparables a los de los aceros 416-F de la técnica anterior, pero que tienen un índice de capacidad de mecanización por taladro de desde aproximadamente 112 hasta aproximadamente 125, mientras que los aceros comparables de la técnica anterior tienen un intervalo de índice de capacidad de mecanización de solamente 95 a 110.

15 La invención proporciona también todavía más mejoras en forma de los nuevos aceros representados por la zona "RFG" de la figura 6. Estos aceros, que denominamos
20 de "grado de forjado revisado" tienen contenidos de azufre bajos (0,18 a 0,25%) comparables a los del material de grado de forjado de la técnica anterior; pero en estos nuevos aceros el contenido de manganeso, y por tanto la relación manganeso-azufre, se eleva a niveles considerados hasta ahora como desusados. Así, los aceros "RFG" con
25 tienen desde más de 1,25% de manganeso hasta aproximadamente 2,5% de manganeso, estando equilibrado el azufre y el manganeso, como se muestra en la figura 6, de una forma tal que la relación de manganeso-azufre está entre aproximadamente 5 a 1 y, preferiblemente, 10 a 1. Estos nue-
30

323592



vos aceros muestran índices de capacidad de mecanización desde más de 100 hasta más de 120, igual o superior a la capacidad de mecanización de los mejores aceros de fácil mecanización de la técnica anterior. Además, los nuevos
5 aceros son fácilmente forjables, y no tienen menos calidad que los grados de forjado de la técnica anterior, y tienen una resistencia a la corrosión equivalente a causa del mismo contenido de azufre relativamente bajo:

Esta invención proporciona todavía más aceros nuevos, por ej. como indica la zona "SFM" de la figura 6. Estos aceros, que denominamos aceros de "mecanización de facilidad superior", tienen el contenido usual de azufre de los aceros normales del Tipo 416 de la técnica anterior, y en razón de la incorporación de un contenido crítico de manganeso, y de su equilibrio con el azufre y con los demás elementos de aleación en los aceros, estos nuevos aceros muestran índices de capacidad de mecanización por taladro muy superiores a cualquiera de los hasta ahora conocidos en aceros de la clase que se estudia. Así,
10 los aceros "SFM" de la invención tienen, como se ve en la figura 6, índices de capacidad de mecanización de aproximadamente 115 hasta más de aproximadamente 140, en comparación con un índice máximo de aproximadamente 110 para los mejores aceros de fácil mecanización de la técnica anterior. Los aceros SFM están equilibrados en relación con los contenidos de azufre y manganeso, de modo tal que la relación manganeso-azufre está entre aproximadamente 3 a 1 y 10 a 1, y preferiblemente de 5 a 1 hasta 9 a 1. El contenido máximo de manganeso se limita a aproximadamente
15 4,0%, preferiblemente aproximadamente 3,5%, y más espe-

323592



cialmente 2,5 ó 3,0% aproximadamente.

En su límite extremo, la invención proporciona una nueva clase más de aceros, que denominamos aceros de "mecanización ultrafácil", delimitados en su composición y en lo que respecta a su comportamiento por la zona "UFM" de la figura 6. Estos nuevos aceros, que tienen los más elevados contenidos de azufre, análogos a los de las calidades de fácil mecanización de la técnica anterior contienen manganeso en cantidades de desde más de 1,25%, y preferiblemente desde 1,50%, hasta aproximadamente 5,0%, y preferiblemente hasta aproximadamente 3,5%, y la relación manganeso-azufre de los mismos varía desde aproximadamente 3 a 1 hasta aproximadamente 10 a 1, y preferiblemente hasta aproximadamente 8 a 1. Estos aceros de mecanización ultrafácil tienen todos en conjunto índices de capacidad de mecanización desconocidos hasta ahora, desde aproximadamente 125 hasta mucho más de 140. Aún el último índice --30 puntos más que el mejor índice que puede obtenerse con los aceros de la técnica anterior del tipo que se estudia --, representa una mejora de cerca de un 30% con respecto a la mejor realización de los aceros de la técnica anterior.

La relación entre los índices de capacidad de mecanización por taladro de los aceros de la invención, comparados unos con otros y con los aceros de la técnica anterior, se define quizás más claramente en el gráfico de barras de la figura 7, en la que la longitud de cada una de las barras representa el intervalo de capacidad de mecanización por taladro, determinada por medio de los ensayos que se han explicado en la Memoria, para las respecti



vas composiciones de aceros, y el punto medio de cada barra, que constituye la línea divisoria entre las partes sombreada y no sombreada de la misma, representa el índice medio de capacidad de mecanización. La figura 7 muestra también las aplicaciones principales de las varias clases de aceros que en ella están representados, juntamente con una indicación generalizada de sus composiciones respectivas y de su comportamiento en esas aplicaciones.

10 Como se indica en la Tabla I y como se ha descrito hasta ahora, los distintos gráficos de la figura 6 se basan en una corrección para 0% de ferrita del ensayo de capacidad de mecanización de los aceros experimentales. De modo similar, los aceros de la técnica anterior, indicados por "FG", "416" y "F" en la figura 6, y cuyos índices de capacidad de mecanización están representados gráficamente en esta última figura, eran aceros sin ferrita. Como también se ha indicado anteriormente, la presencia de ferrita mejora la capacidad de mecanización, y el valor de este hecho ha sido comprendido por la técnica anterior, que ha proporcionado aceros de dos fases que contienen tantos por ciento relativamente grandes de ferrita. La presencia o ausencia de ferrita, así como la cantidad de la misma, puede controlarse por medio de un equilibrio adecuado de la composición (según la ecuación 2 anterior, por ejemplo), y por una adecuada selección de los factores de tratamiento durante su fabricación. La provisión de un tanto por ciento deseado particular cualquiera de ferrita en las composiciones de aceros, incluyendo los aceros de la técnica anterior, representados en la figura

15
20
25
30



6, mejoría simplemente los índices de capacidad de mecani-
zación que se ilustran en la figura 6. Desde luego, las
relaciones entre las líneas de capacidad de mecanización
constante de la figura 6 no se alterarían. La invención
5 estudia, por lo tanto, la provisión de aceros, según los
principios de la invención que se han expuesto en la Memo-
ria, que tienen una estructura, bien sin ferrita, bien de
dos fases. Por consiguiente, los aceros del invento: delimi-
tados por las varias zonas diferentes de la figura 6, se
10 consideran representativos de los aceros de la invención,
que incluyen también aceros de estructura dúplex y los ín-
dices de capacidad de mecanización, determinados a partir
de los datos experimentales tabulados en la Memoria y re-
presentados gráficamente en la figura 6, se consideran so-
lamente valores mínimos.

El manganeso, que es un fuerte formador de sul-
furo, forma sulfuro de manganeso en los aceros de la in-
vención, y el cromo, que también es un fuerte formador de
sulfuro y que está presente en grandes cantidades en es-
20 tos aceros, da como resultado la formación de sulfuros de
cromo. Se ha comprobado que las proporciones relativas de
las fases de sulfuro de manganeso y de sulfuro de cromo,
así como la composición de la fase de sulfuro de mangane-
so en los aceros del tipo que se estudia en la Memoria,
25 están relacionadas con la relación manganeso-azufre y con
la historia térmica de los aceros.

Así, a relaciones manganeso-azufre bajas, las
inclusiones de sulfuro que se forman en los aceros pueden
contener 50% o más de sulfuro de cromo, en forma de una
30 fase independiente, mientras que, a medida que aumenta la

323592



relación manganeso-azufre, la proporción de la fase de sulfuro de cromo disminuye, y finalmente desaparece, es decir, para una relación manganeso-azufre de 3,0 o mayor en los lingotes colados de los aceros de la Tabla I. Se determinó que en los aceros que tienen bajas relaciones de manganeso-azufre, por ej. inferiores a 3,0, y en los que hay presentes grandes cantidades de la fase de sulfuro de cromo en las inclusiones del sulfuro de dos fases, la fase de sulfuro de cromo está en forma de laminillas, mientras que, al aumentar la relación manganeso-azufre, y aumentar con ello la proporción de sulfuro de cromo, esta última fase está presente en forma de un precipitado fino. En todos los casos, se comprobó que la fase de sulfuro de cromo principal era $S_{1,17}Cr$, como se determinó por medio de estudios de difracción de rayos X de las inclusiones extraídas.

Los estudios microscópicos de las inclusiones de sulfuro presentes en los aceros del ensayo a relaciones Mn/S crecientes (cargas Nos. 184, 1189 y 1191), mostraron también (basándose en los cambios de color de las inclusiones al variar la constitución química) que, al aumentar la relación de manganeso a azufre, la fase de sulfuro de cromo disminuye hasta estar sustancialmente ausente en la muestra de acero colado (carga Nº 1191 que tiene una relación de manganeso a azufre de 3,0. Se comprobó también que, a medida que se aumenta por encima de 3,0 la relación manganeso-azufre, aumenta la transparencia del sulfuro de manganeso, y el color de la luz transmitida cambia de pardo oscuro a amarillo parduzco y a amarillo claro para una relación de manganeso a azufre de 7,62, y

323592



después a un color verdoso para relaciones de manganeso a azufre aún más elevadas, lo que indica una reducción gradual del contenido de cromo disuelto que da eventualmente una fase de sulfuro de manganeso puro a relaciones elevadas de manganeso a azufre.

5 Para una relación de manganeso a azufre particular, hay presente menos fase de sulfuro de cromo en el material forjado que en los lingotes colados. Así pues, había presentes cantidades considerables de sulfuro de cromo en las muestras forjadas que tenían una relación de manganeso a azufre de 0,82. Por el contrario, la fase de sulfuro de cromo no estaba sustancialmente presente en el material forjado que tenía una relación de manganeso a azufre de 1,62. Se comprobó que, para el material forjado, el sulfuro de cromo desaparece a una relación de manganeso a azufre de entre aproximadamente 1,09 y 1,6, en contraste con el material colado, en el que desaparece a una relación de manganeso a azufre entre aproximadamente 2,46 y 3,0. También la fase del sulfuro de manganeso del acero forjado tiene mayor transparencia que en el acero colado, indicando así que hay menos cromo disuelto en la fase de sulfuro de manganeso de los aceros forjados que en los aceros colados de igual relación manganeso-azufre.

10

15

25

Para mejor evaluar el efecto del tratamiento térmico de los aceros que se estudian sobre la composición de las inclusiones de sulfuros, se calentaron muestras de algunos de los lingotes colados de la Tabla I, con relaciones variables de azufre, durante cuatro horas a tres temperaturas diferentes, 843°C, 1065°C y 1427°C, realizándose el calentamiento en una atmósfera de argón.

30

323592



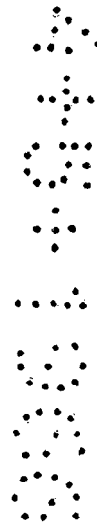
Estos ensayos se llevaron a cabo, por un lado, con un ace
ro, por ej. la carga nº 184, que tenía una baja relación
de manganeso a azufre, de 0,82, y, por otro lado, con ace
ro Nº 1191, que tenía una relación de manganeso a azufre
5 de 3,0. La inspección microscópica después del tratamiento
térmico mostró que hay muy poca diferencia en el aspecto
de las fases de sulfuro en los aceros con la relación más
baja de manganeso a azufre al calentarlos a 1065°C. Al ca
lentarlos a la temperatura superior, 1427°C, aún está pre
10 sente la fase de sulfuro de cromo, aunque se observó que
las inclusiones de sulfuro aumentaban de tamaño y apare-
ció un precipitado fino, que se supone que es una segunda
fase de sulfuro. Por el contrario, la fase de sulfuro de
cromo desapareció en todas las muestras que tenían supe-
rior relación (3,0) de manganeso a azufre, incluso a la
15 temperatura más baja de calentamiento, 843°C. Realmente,
se encontró que éste era el caso en todas las muestras
que tenían una relación de manganeso a azufre superior a
aproximadamente 1,5.

20 El efecto de la relación de manganeso a azufre
de los aceros de la Tabla I en la composición de la fase
de sulfuro presente en ellos, se determinó también por mi
croanálisis electrónico de una probeta de las fases de
sulfuro en algunos de los aceros de la Tabla I, tanto en
25 forma colada como forjada. Los resultados de estos ensayos
se exponen en la Tabla III.

TABLA III

Carga Nº	Relación Mn/S	Composición de los sulfuros en acero colado				Composición de los sulfuros en acero forjado			
		Fe	Cr	Mn	S	Fe	Cr	Mn	S
1188	1.09	2	45	15	41	12	32	12	33
1189	1.62	2	35	21	38	24	19	20	28
1233	1.91	3.3	34.1	29.7	42.3	28.8	13.2	31.2	17.6
1190	2.46	2	26	31	41	42	13	33	27
1191	3.00	6	21	33	40	11	4	44	40
1234	3.63	4.7	15.1	46.5	37.3	15.8	5.7	50.8	28.1
1235	5.29	2.2	7.2	53.7	37.7	2.6	1.5	58.8	40.8
1236	7.62	3.8	4.0	56.2	32.0	2.6	3.5	52.8	31.2

323592



323592



En la Tabla III se observará que el contenido de cromo de las inclusiones disminuye rápidamente al aumentar la relación de manganeso a azufre hasta un valor de aproximadamente 8, mientras que el contenido de manganeso de las inclusiones aumenta rápidamente al aumentar la relación de manganeso a azufre hasta aproximadamente el mismo valor. De modo similar, para los mismos aceros en estado forjado, el contenido de cromo llega a un valor mínimo para una relación de manganeso a azufre de aproximadamente 5 ó 6, y el contenido de manganeso alcanza un máximo para aproximadamente la misma relación de manganeso a azufre. Las composiciones de sulfuro así determinadas confirman además los antedichos estudios microscópicos en lo que respecta a la disminución de cromo en el sulfuro y el aumento de manganeso en el mismo al aumentar la relación de manganeso a azufre. Estos ensayos mostraron que la fase de sulfuro de cromo desaparece sustancialmente de las inclusiones a una concentración de cromo en las inclusiones de sulfuro de desde aproximadamente 21 a 26 por ciento en peso. Como en los estudios microscópicos, se observará también que los ensayos microanalíticos mostraron que el contenido de cromo de los sulfuros en el material forjado es menor que en el material colado, dependiendo la diferencia de la relación de manganeso a azufre del acero. Se observa también que, a medida que cambian los contenidos de cromo y de manganeso de la fase de sulfuro, también cambia el contenido de hierro de la fase de sulfuro. Aparentemente, durante el calentamiento, como por ejemplo durante el tratamiento en caliente, el cromo sale por difusión desde el sulfuro y entra en la matriz, y el manganeso y



el hierro salen desde la matriz por difusión y entran en el sulfuro. Sin embargo, para relaciones de manganeso a azufre superiores a aproximadamente 6 ó 7, el calentamiento causa poca o ninguna difusión de los elementos de aleación hacia el sulfuro, que es esencialmente sulfuro de manganeso puro, o desde el sulfuro hacia fuera de él.

La importancia de la presencia y de la composición de la fase de sulfuro en lo que respecta a la capacidad de mecanización, se apreciará por el hecho de que el sulfuro de cromo es considerablemente más duro que el sulfuro de manganeso puro, y, además, como se ha comprobado, que el sulfuro de manganeso que contiene cromo disuelto es también más duro que el sulfuro de manganeso puro.

Por consiguiente, como se ha descrito anteriormente, se establece una relación de manganeso a azufre de 10 a 1, y preferiblemente 6 a 1 u 8 a 1, como límite superior para las composiciones de acero de la invención, límite más allá del cual no se consigue ninguna ventaja sustancial adicional. Preferiblemente, se establece en aproximadamente 3 a 1 un límite inferior de la relación de manganeso a azufre de los aceros de la invención. No obstante, la selección de un intervalo particular de manganeso a azufre depende del tipo deseado dentro de los límites de la invención, para poder conseguir, como se muestra anteriormente, una mejor capacidad de mecanización en algunos de los aceros de la invención de superior contenido de azufre e inferior contenido de manganeso, para relaciones de manganeso a azufre inferiores incluso a 3 a 1.

Como se ha indicado anteriormente, el fabricante de laminados proporciona una gran cantidad de aceros

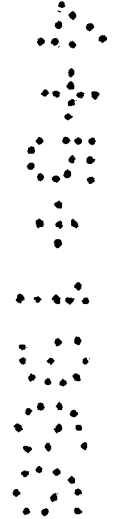


al cromo, tales como el tipo 416, en un estado de recocido de laminación, que da una capacidad de mecanización óptima, y tales materiales se mecanizan frecuentemente y se emplean en este estado sin tratamiento térmico adicional. El recocido de laminación se lleva a cabo la mayoría de las veces sometiendo el acero o revenido a una temperatura muy próxima a la temperatura A_1 e inferior a ella, por ejemplo 649 a 760°C para el acero inoxidable del tipo 416. Para tales fines es deseable una dureza mínima. Los factores que determinan la dureza de recocido son la dureza del acero sometido a temple rápido y la temperatura de revenido. Se requieren temperaturas de revenido superiores para los materiales que tienen durezas de temple rápido superiores. No obstante, la máxima temperatura de revenido está limitada por la temperatura A_1 de la aleación, hasta el punto de que el endurecimiento tiene lugar si se sobrepasa esta última temperatura, debido a la formación de austenita que, al enfriar el acero, forma la martensita, mucho más dura relativamente. La temperatura A_1 del acero de tipo 416 usual, que contiene aproximadamente 0,40 a 0,60% de manganeso, está entre aproximadamente 788 y 815°C. El manganeso es un estabilizante de la austenita en los aceros inoxidables, y hace descender la temperatura A_1 . Sin embargo, los aceros de la invención, que contienen cantidades de manganeso relativamente mucho mayores que las empleadas hasta ahora en los aceros inoxidables que contienen cromo del tipo estudiado en la Memoria, se recuecen fácilmente para laminación, a temperaturas prácticas. Así, el efecto del manganeso en la formación de ferrita delta, así como en la temperatura A_1 , se determi-

323592



nó por medio de técnicas metalúrgicas convencionales, em-
pleando probetas recocidas calentadas a varias temperatu-
ras hasta formar austenita, cuya proporción se estimó vi-
sualmente a partir de la martensita que había presente
5 después del temple rápido. Se estudió un intervalo de tem-
peraturas desde 704 hasta 1315°C, y los resultados se ex-
ponen en la Tabla IV.



323592

TABLA IV

Carga Nº	Austenita (%) ^a											
	Mn(%)	704°C ^b	732°C ^b	760°C ^b	788°C ^b	815°C ^c	843°C ^c	982°C ^c	1093°C ^c	1149°C ^c	1204°C ^c	1315°C ^c
1188	0.36	-	-	0	0	50	60	100	100	95	93	50
1189	0.55	-	-	0	0	50	65	100	100	98	92	50
1233	0.67	0	0	0	0	50	65	100	100	98	95	55
1190	0.81	-	-	0	0	55	70	100	100	95	92	60
1191	1.02	-	-	0	0	65	90	100	100	95	90	70
1234	1.27	0	0	5	10	75	90	100	100	95	95	65
1235	1.85	0	0	30	60	95	98	100	100	95	98	65
1236	2.59	0	0	95	95	100	100	100	100	95	98	65

a Basada en observaciones visuales de probetas de temple rápido en aceite, revenidas durante 6 min. a 565°C para oscurecer la martensita reciente transformada a partir de la austenita presente a la temperatura de calentamiento indicada.

b Los índices para muestras a 704-788°C son para material inicialmente recocido durante 30 horas a 704°C para producir un agregado de ferrita y carburo fino. Las probetas se calentaron durante 4 horas en sal a 732-788°C para la determinación de la austenita.

c Los índices para las muestras a 815°C y temperaturas superiores son para material recocido inicialmente durante 4 horas a 760°C. Para la determinación de austenita se calentaron muestras a 815-843°C durante 4 horas en sal, se calentaron muestras a 982-1093°C durante 1/2 hora en sal, y las muestras a 1315°C se calentaron durante 15 min. en argón.





De los datos de la Tabla IV se deducirá que la temperatura A_1 de las aleaciones que tienen un contenido de manganeso de hasta 1,02% (acero nº 1191) está entre 788 y 815°C. La temperatura A_1 se reduce a menos de 788°C a concentraciones de manganeso superiores a 1,27%, y es muy próxima a 760°C a la concentración de 1,27%. Como se deduce de la Tabla IV, había presente 30% de austenita a la concentración de 1,85% de manganeso, y había 95% de austenita presente a la concentración de 2,59% de manganeso, en ambos casos a una temperatura de 760°C, lo que indica que la temperatura A para estas aleaciones es inferior a 760°C.

El efecto del contenido de manganeso en la dureza que puede obtenerse y en la respuesta al revenido de los aceros de la invención, se evaluó determinando la dureza de las muestras primeramente en estado de temple rápido, y después en un estado al que se llegó por temple rápido y revenido posterior durante 4 horas a temperaturas entre 260 y 760°C, con los resultados que se dan en la Tabla V.

TABLA V

Carga Nº	% en peso de Mn	Temple rápi- do en aceite	Bhnª a la temperatura de revenido indicada									
			260ºc	315ºc	371ºc	427ºc	482ºc	538ºc	593ºc	649ºc	704ºc	760ºc
1188	.36	389	441	390	397	403	417	295	258	227	203	190
1189	.55	405	390	385	397	390	395	290	251	229	203	189
1233	.67	387	390	403	417	432	403	290	258	226	205	192
1190	.81	396	379	379	372	403	395	287	244	221	210	186
1191	1.02	382	379	390	385	395	390	287	234	221	200	186
1234	1.27	414	382	390	390	403	395	282	242	219	202	181
1235	1.85	389	385	397	382	390	385	282	241	215	205	232
1236	2.59	420	382	385	390	385	379	280	242	221	208	279

a Dureza de las probetas de temple rápido, convertida a partir de determinaciones de dureza Rockwell C; dureza de las probetas revenidas, determinada en DPH en una máquina universal Gries, y convertida en Bhn.

323592



323592



Para su empleo en el estado de recocido de laminación, se requiere mínima dureza para conseguir la mejor capacidad de mecanización. Por lo tanto, algunos de los ensayos de la Tabla V se llevaron a cabo a temperaturas de recocido de laminación, es decir, 704 y 760°C, para determinar el efecto de tales temperaturas de revenido sobre la dureza. Como se muestra en dicha Tabla, y en la Tabla IV, los aceros de la invención pueden ser revenidos adecuadamente para tales fines a las temperaturas de 704 y 760°C aproximadamente. Así, cuando fueron revenidos a 704°C, todos los aceros evaluados en la serie de la Tabla V, que tienen contenidos de manganeso desde 0,36 hasta 2,59%, tenían durezas entre 200 y 210 Bhn, que están dentro del intervalo deseado de dureza de recocido de laminación, no teniendo un efecto discernible los cambios en el contenido de manganeso. Además, los aceros de la Tabla V tienen manganeso hasta el 1,27% y durezas en el intervalo de 181 a 192 Bhn cuando se han revenido a 760°C. Los aceros de 1,85 y 2,59% de manganeso (Nos. 1235 y 1236) tenían durezas de 232 y 279 Bhn, respectivamente, a causa de la formación de austenita (como se muestra en la Tabla V). Así pues, la temperatura de revenido permisible para producir la baja dureza deseada en los aceros de la invención, se reduce un poco (en comparación con la temperatura de revenido de los aceros de inferior contenido de manganeso de la técnica anterior) a las concentraciones superiores de manganeso dentro del intervalo que se estudia, pero esta reducción de temperatura es relativamente pequeña a la concentración de 2% de manganeso, e incluso a concentraciones de manganeso de 2,6% y superiores, puede con

323592



5 seguirse una dureza mínima menor de 210, empleando, por
ej., un revenido a 704°C. Además, la observación de la fi-
gura 6 muestra que las mejoras en la capacidad de mecani-
zación que pueden obtenerse aumentando los contenidos de
manganeso de los nuevos aceros a valores de hasta 2,5,
3,0% e incluso mayores, compensan el inconveniente de una
superior dureza de recocido de laminación.

10 Para otras aplicaciones, los aceros del tipo
que se estudia en la Memoria se emplean en estado endure-
cido, en el que los aceros han de poder ser tratados tér-
micamente hasta valores superiores de dureza. Para estos
fines, el procedimiento usual de endurecimiento implica
la austenitización a, por ejemplo, 982°C, seguida de un
temple rápido en aceite y un revenido durante, por ejem-
15 plo, cuatro horas a la temperatura requerida. Para cum-
plir con los requerimientos de una resistencia mecánica
elevada, se utiliza frecuentemente una temperatura de re-
venido de aproximadamente 260 a 315°C, y para conseguir
una resistencia mecánica moderada, el revenido se lleva a
20 cabo a una temperatura superior, de aproximadamente 593°C,
por ejemplo. Según esto, los ensayos de la Tabla V inclu-
yeron ensayos de revenido a temperaturas desde 260 a 649°C
(así como a 704 y 760°C, como se ha dicho anteriormente).
Estos ensayos no mostraron ningún efecto significativo de
25 un mayor contenido de manganeso en la dureza obtenida por
revenido (para estas aplicaciones que requieren elevada
dureza), para los revenidos a 260 a 427°C, aunque se obser-
vó una dureza de revenido ligeramente inferior con los
aceros de superior contenido de manganeso, es decir, los
30 tienen un contenido de manganeso desde 0,81 a 2,59%, en

323592



el intervalo de temperaturas de revenido de 482-593°C. A 649°C (y también a 704°C), un contenido mayor de manganeso no tuvo efecto discernible en la dureza.

5 Los datos de la Tabla V para las muestras de temple rápido en aceite indican que el contenido creciente de manganeso hasta 1,85%, no tuvo efecto alguno en la dureza de temple rápido, aunque aparentemente la dureza de temple rápido del acero de 2,59% de manganeso (acero No 1236) aumentó ligeramente. Se llevaron a cabo ensayos adicionales sobre los mismos aceros de la Tabla V, para investigar la posibilidad de que el empleo de un elevado contenido de manganeso causase la retención de austenita. Así pues, se comparó la dureza de las probetas de temple rápido en aceite con la de las probetas sometidas a un temple rápido en aceite, seguido de una refrigeración durante cuatro horas, a -195°C. Los resultados de estos ensayos se dan en la Tabla VI.

TABLA VI

20	Carga No	% en peso de Mn	Austenitizada a 982°C/1 hr. Temple rápido en aceite	Austenitizada a 982°C/hr. Temple rápido en aceite, refrigerada 4 horas a -195°C
	1188	.36	41.5 R _c	41.0 R _c
	1189	.55	43.5	42.5
	1233	.67	41.0	41.0
25	1190	.81	42.5	42.0
	1191	1.02	41.0	39.0
	1234	1.27	44.5	44.5
	1235	1.85	42.5	43.5
	1236	1.59	45.0	45.0

323592



Los datos de la Tabla VI muestran que los contenidos de manganeso de hasta 2,59% no producen suficiente austenita retenida para afectar de un modo discernible la dureza de temple rápido de los aceros ensayados.

5 Además de la dureza mínima requerida en el estado de recocidos de laminación, y de la dureza que puede conseguirse en estado endurecido, los aceros de la invención, para conseguir la máxima utilidad y la más amplia aplicación, han de poseer también otras características
10 útiles de sus propiedades, tales como una elevada resistencia de rotura por tracción (en el punto de rotura), elevado límite elástico, y buena ductilidad y resistencia al impacto. El efecto sobre estas propiedades de las cantidades relativamente grandes de manganeso y del equilibrio
15 particular de los elementos de aleación empleados en estos nuevos aceros, se determinó por medio de ensayos en aceros de contenido creciente de manganeso, y con tres diferentes condiciones de tratamiento térmico. Los resultados de estos ensayos adicionales se muestran en la Tabla
20 VII.



34

323592

323592

TABLE I (Continuación)

Carga No	Composición										Mn/S	Eq. de Cr	Contenido de ferrita % en volu- men	Dureza Bhn	Capacidad de me- canización de- terminada en el ensayo	Capacidad de meca- nización con- regida para 200 Bhn y O% de ferrita
	C	Mn	S	Si	Ni	Cr	Mo	Cu	Mi	Zn						
1314	.105	.61	.14	.35	.41	13.58	.19	.09			4.35	10.0	20	217	88	86
1315	.103	1.07	.28	.40	.46	13.22	.19	.12			3.83	9.7	3	215	114	116
1316	.094	1.06	.27	.40	.48	13.22	.19	.12			3.93	9.9	5	213	115	117
1317	.102	1.06	.27	.40	.46	13.28	.19	.12			3.93	9.8	10	213	115	115
1318	.098	1.61	.27	.40	.46	13.14	.19	.13			5.96	9.7	1	213	114	116
1319	.099	1.64	.27	.40	.46	13.12	.19	.13			6.08	9.7	3	215	114	116
1320	.097	1.61	.27	.40	.46	13.18	.19	.13			5.96	9.8	5	213	116	117
1405	.111	1.87	.11	.36	.31	13.14	.16	.05			17.00	9.6	3	226	85	89
1405A	.114	1.94	.23	.32	.40	12.98	.17	.09			8.43	9.0	0	240	106	114
1406	.095	2.73	.22	.39	.44	12.72	.17	.12			12.41	9.4	0	233	111	118
1406A	.116	2.85	.32	.34	.49	12.52	.17	.12			8.90	8.4	0	238	119	127
1407	.100	3.68	.22	.38	.45	12.66	.16	.11			16.71	9.2	0	262	108	120
1407A	.118	3.54	.28	.33	.52	12.50	.17	.12			12.65	8.3	0	263	112	125
1408	.091	4.62	.22	.39	.46	12.64	.17	.12			20.95	9.4	0	286	106	125
1408A	.114	4.44	.24	.35	.52	12.50	.17	.17			18.45	8.4	0	273	105	120
1451	.101	2.11	.52	.56	.32	13.02	.19				4.06	9.8	15	205	143	140
1451P	.102	2.00	.49	.55	.34	13.36	.20				4.08	10.1	30	220	141	137
1451P	.102	2.00	.49	.55	.34	13.36	.20				4.08	10.1	30	198	146	138
1452	.095	2.75	.50	.56	.34	13.20	.18				5.49	10.2	10	223	138	110
1452	.095	2.75	.50	.56	.34	13.20	.18				5.49	10.2	10	264	127	137
1453	.097	2.77	.52	.53	.33	14.22	.19				5.34	11.1	35	203	146	138

12 Bw

323592



De la primera serie, o serie "A" de los ensayos de la Tabla VII, en los que las muestras de acero, que con-
tenían manganeso desde 0,36 hasta 2,59%, se austenitiza-
ron a 982°C durante una hora, después se sometieron a tem-
5 ple rápido en aceite y revenido a 315°C durante cuatro ho-
ras, y después se enfriaron por aire, se deducirá que el
aumento en el contenido de manganeso no afecta a la resis-
tencia de rotura por tracción. A concentraciones de manga-
neso de aproximadamente el 1% o mayores, el límite elásti-
10 co se reduce sólo ligeramente, y la ductilidad (tanto por
ciento de alargamiento y tanto por ciento de reducción de
sección) y la resistencia al impacto sólo aumentan ligera-
mente. Estos efectos de los contenidos aumentados de man-
ganeso son, sin embargo, relativamente pequeños y no afec-
15 tan la utilidad de los nuevos aceros para la mayor parte
de las aplicaciones.

La segunda serie, o serie "B", de ensayos de la
Tabla VII, ilustrativos de los efectos del manganeso en
los aceros al ser sometidos a un tratamiento térmico simi-
20 lar y ser revenidos a 593°C, muestran que, a esta última
temperatura, solamente tiene lugar una pequeña reducción
similar del límite elástico, así como una ligera reduc-
ción en la resistencia de rotura por tracción, particular-
mente en las aleaciones de superior contenido de mangane-
25 so, es decir, las que contienen 1,85 y 2,59% de manganeso.
De modo similar, se observan aumentos en la ductilidad y
la resistencia al impacto a las concentraciones de manga-
neso superiores.

Como se muestra en la tercera serie, o serie "C"
30 de ensayos de la Tabla VII, en los que los aceros se tra-



taron térmicamente de modo similar pero se sometieron a
revenido a 704°C, la aleación de 2,59% de manganeso mos-
tró mayores resistencia a la tracción y límite elástico,
y ductilidad reducida. Se cree que este efecto se debe a
5 la presencia en tal aleación de martensita nueva transfor-
mada a partir de la austenita que podía haberse formado
durante el revenido a 704°C.

De un modo claro, se muestra que, en las tres
condiciones de tratamiento térmico empleadas en la Tabla
10 VII, los nuevos aceros tienen propiedades mecánicas alta-
mente útiles.

También es deseable que los aceros del tipo que
se estudia tengan una adecuada resistencia a la corrosión.
La resistencia a la corrosión de los nuevos aceros se eva-
15 luó en una serie de ensayos en los que unas probetas de
material sobrante para ensayo, de 2,54 x 1,27 x 0,2 cm.,
se esmerilaron superficialmente en seco hasta un grano de
120, y se suspendieron en una columna alargada a aproxima-
damente 30,5 centímetros sobre la superficie de un baño
20 de agua. El baño de agua se calentó a una temperatura de
82°C, produciendo así una atmósfera húmeda en la columna.
El calentamiento se continuó durante ocho horas, después
de las cuales se apagó el calentador durante cuatro horas.
Este ciclo se repitió tres veces, y después se separaron
25 las muestras para observar visualmente la formación de
herrumbre. Se comprobó que el acero de 0,36% de manganeso
(carga Nº 1188) estaba desprovisto de herrumbre, las mues-
tras de las cargas Nos. 1189, 1233 y 1190, que contenían
respectivamente, 0,55, 0,67 y 0,81% de manganeso, mostra-
30 ban una extensa formación de herrumbre, mientras que las

323592



muestras de las cargas Nos 1191, 1234, 1235 y 1236, que
contenían, respectivamente, 1,02, 1,27, 1,85 y 2,59 por
ciento de manganeso, fueron poco o nada afectadas. En par
ticular, las aleaciones de 1,85 y 2,59% de manganeso no
5 mostraron ninguna formación discernible de herrumbre, y
el acero de 1,27% mostró solamente una ligera formación
de herrumbre.

Por tanto, por esta razón adicional, el conteni
do de manganeso de los aceros de la presente invención es
10 tá limitado a un valor mínimo de aproximadamente 0,80%,
y, preferiblemente, a un valor mayor del 1,25%.

También se estudió el efecto de los contenidos
grandes y cada vez mayores de manganeso en la resistencia
a la corrosión de los aceros de la invención al exponerlos
15 a un medio ambiente severamente corrosivo. Por ejemplo,
unas muestras del mismo tamaño e igual preparación que
las empleadas en el ensayo de la columna de vapor de agua,
se expusieron a la acción de cloruro férrico. Se preparó
una disolución de ensayo que constaba de 108 gramos de
20 $\text{Cl}_3\text{Fe} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 4,5 ml. de ácido clorhídrico concentrado, y
995,5 ml. de agua. Las probetas se sumergieron en la diso
lución de ensayo durante cuatro horas, manteniéndose la
disolución a la temperatura ambiente.

También se expusieron probetas similares sumer-
25 giéndolas en ácido acético concentrado hirviendo durante
48 horas.

En otra serie de ensayos, se sumergieron probe-
tas similares en una disolución acuosa de ácido sulfúrico
del 5 por ciento en peso, durante cuatro horas y a la tem
30 peratura ambiente.



Se llevaron a cabo otros ensayos más sumergien-
do probetas similares de material sobrante para ensayo,
en una disolución acuosa de ácido fosfórico del 10 por
ciento en peso, durante cuatro horas y a la temperatura
5 de ebullición de la disolución.

Al final de cada serie de ensayos, las muestras
se retiraron de la disolución de ensayo, se enjuagaron,
se secaron y se pesaron para determinar la pérdida de pe-
so. Cada una de las series de los ensayos incluía mues-
10 tras de material sobrante de las aleaciones de la Tabla
IV, o sea, de las cargas Nos. 1188, 1189, 1233, 1190,
1191, 1234, 1235 y 1236, que abarcaban un intervalo de
contenido de manganeso desde 0,36 hasta 2,59%. Los resul-
tados de los ensayos con cloruro férrico y con ácido sul-
15 fúrico mostraron que la adición de cantidades cada vez ma-
yores de manganeso tenía un efecto relativamente pequeño
en la resistencia a la corrosión de los aceros ensayados,
en estos medios. La resistencia a la corrosión en cloruro
férrico es mínima para un contenido de manganeso de apro-
20 ximadamente 1,5%, pero después aumenta de tal manera que,
para un contenido de manganeso de 2,59% la resistencia del
acero a la corrosión es aproximadamente equivalente a la
del acero que contiene aproximadamente 0,50% de manganeso.
De modo similar, la susceptibilidad a la corrosión en áci-
25 do sulfúrico asciende hasta un valor máximo para un conte-
nido de manganeso de aproximadamente 2%, y después dismi-
nuye ligeramente, pero, incluso al máximo grado de corro-
sión, la resistencia de la aleación es sólo ligeramente
inferior a la de una aleación de 0,50% de manganeso.

30 Los resultados de los ensayos en ácido acético



y ácido fosfórico mostraron que la resistencia a la corrosión de las aleaciones ensayadas varía al cambiar el contenido de manganeso. En el medio ambiente de ácido acético, la resistencia a la corrosión cae hasta un valor mínimo para una concentración de manganeso de 1,2 a 1,3%, pero después sube de valor, de tal modo que la susceptibilidad a la corrosión es de un valor moderado para concentraciones de manganeso de 1,8 a 2,59%.

Los resultados de los ensayos con ácido fosfórico mostraron que la resistencia a la corrosión de las aleaciones ensayadas, en el intervalo desde aproximadamente 0,70 hasta aproximadamente 1,0% es excepcionalmente buena, y particularmente a una concentración de aproximadamente 0,80%.

Se realizaron posteriores ensayos en ambientes corrosivos suaves. Por ejemplo, se esmerilaron superficialmente en seco hasta un grano de 120 unas muestras de ensayo tomadas de material sobrante, de 5,08 cm x 2,54 cm x 0,20 cm, y se expusieron a la acción de una pulverización salina en una cámara, teniendo la pulverización una composición de 5 por ciento en peso de cloruro de sodio en agua. Las muestras se expusieron durante un período de 16 horas a una temperatura de 35°C, y después se retiraron y se inspeccionó visualmente el aspecto del óxido rojo de hierro formado en la corrosión. Los resultados de tales ensayos se exponen en la Tabla VIII.

TABLA VIII

Carga Nº	% en peso de Mn	% en peso de S	Aspecto visual
1305	0.60	0.32	Malo
5 1307	1.08	0.33	Malo
1309	1.61	0.31	Malo
1311	1.11	0.21	Malo

10 Como se deducirá de los datos de la Tabla VIII, no hubo diferencia observable en la susceptibilidad a la corrosión por pulverización de disolución de sal entre las varias aleaciones ensayadas, que abarcaban un intervalo de contenidos de manganeso de desde 0,60 hasta 1,61%.

15 Se llevaron a cabo ensayos adicionales en ambiente corrosivo suave sumergiendo probetas material sobrante para ensayo, de superficie acabada hasta un grano de 120, y de dimensiones 3,4 cm x 1,6 cm x 0,20 cm., en aceite crudo de petróleo durante 144 horas a una temperatura de 105°C. Después, las probetas de ensayo se retiraron y se evaluó la resistencia a la corrosión por observación visual del número de picaduras superficiales, debidas a la corrosión, de las muestras. Los resultados de estos ensayos se exponen en la Tabla IX.

TABLA IX

25

Carga Nº	% en peso de Mn	% de S(peso)	Nº de pica- duras	Resistencia a la corrosión
1305	0.60	0.32	8	Buena
1307	1.08	0.33	7	Buena
1309	1.61	0.31	8	Buena
30 1311	1.11	0.21	7	Buena

323592

4 MAY 1951



De la Tabla IX se deduce que no hubo efecto discernible, en la resistencia a la corrosión, por variación de los contenidos de manganeso de 0,60 a 1,61%.

5 Los ejemplos específicos precedentes de las aleaciones de la invención comprenden aceros inoxidables al cromo ordinarios, y, como se ha indicado, los principios de la invención son igualmente aplicables a los aceros que tienen una microestructura, bien de dos fases, bien desprovista de ferrita. En el caso de los aceros que
10 sustancialmente no contienen ferrita libre, los elementos de aleación de los mismos se equilibran de acuerdo con la ecuación 2 para proporcionar una estructura sustancialmente desprovista de ferrita. Tales aceros pueden contener los formadores de ferrita cromo y molibdeno en los intervalos especificados hasta ahora. Adicionalmente, el silicio se mantiene preferiblemente en menos de aproximadamente 1%, y el carbono más el nitrógeno en menos de aproximadamente 0,20%. Si se emplean, el aluminio se mantiene en una concentración inferior a aproximadamente el 5%, y preferiblemente inferior a 1%, el cobre en menos de aproximadamente 2%, y el titanio en menos de aproximadamente 1%.
15 Ha de entenderse que, en la práctica de esta invención, también pueden emplearse otros elementos que facilitan la mecanización, como por ejemplo el selenio y el telurio, ya que pueden actuar de un modo análogo al azufre. Si se desean aceros de dos fases, los elementos de aleación anteriores pueden emplearse dentro de los intervalos antedichos, en cantidades y proporciones que produzcan una microestructura con el contenido deseado de ferrita, siguiendo en líneas generales la ecuación 2.
20
25
30

323592



Los principios de la invención son aplicables también a los aceros inoxidables endurecibles y no endurecibles de contenido de cromo más alto, que contienen hasta 18% o incluso hasta 30% de cromo, y pueden estar presentes carbono y nitrógeno en una proporción de hasta aproximadamente 1,20%.

El níquel, que es un elemento que favorece la formación de austenita, puede emplearse también en las aleaciones de la invención en cantidades relativamente pequeñas, por ej. de hasta aproximadamente 3%, para proporcionar aceros inoxidables endurecibles esencialmente martensíticos, o ferrítico-martensíticos.

Ha de entenderse que la descripción y los ejemplos específicos precedentes son meramente ilustrativos de los principios de la invención, y que pueden hacerse varias modificaciones y adiciones, sin apartarse del espíritu y enlace de la invención.

N O T A

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:

1.- Mejoras introducidas en la fabricación de aceros inoxidables de capacidad de mecanización mejorada, caracterizadas porque al componente esencial consistente

323592



5 en hierro e impurezas accidentales, se añaden los compo-
nentes siguientes: (tomándose las proporciones en peso):
cromo, 11 a 30%, carbono más nitrógeno, hasta 1,20%, mo-
libdeno más circonio, hasta 0,60%, silicio hasta 1,0%,
azufre, 0,18 a 0,50%, manganeso 0,80 a 5,0%, níquel, has-
ta 3%, cobre, hasta 2,0% y aluminio hasta 5%, y porque
se prevén el manganeso y el azufre, dentro de los márgenes
antes citados de cada uno de ellos, en proporciones
tales que la relación de manganeso a azufre en dichos ace-
ros es al menos de aproximadamente 3 a 1.

10 2.- Mejoras según la reivindicación 1, caracte-
rizadas por el hecho de que la relación manganeso-azufre
está entre alrededor de 3 a 1 y alrededor de 10 a 1.

15 3.- Mejoras según las reivindicaciones 1 ó 2,
caracterizadas por el hecho de que el cromo está entre 11
y 15%, el carbono es hasta 0,20%, el molibdeno más circo-
nio es menos de 0,35%, el manganeso está entre 0,80 y
4,0%.

20 4.- Mejoras según la reivindicación 3, caracte-
rizadas porque dicho azufre está entre 0,18 y 0,40% y el
manganeso entre 1,20 y 4,0%, y el acero tiene una rela-
ción manganeso-azufre entre alrededor de 3 a 1 y 10 a 1.

25 5.- Mejoras según la reivindicación 3, caracte-
rizadas por el hecho de que dicho carbono está hasta 0,15%,
el azufre está entre 0,18 y 0,25% y el manganeso está en-
tre 0,80 y 1,25%, teniendo el acero una buena forjabili-
dad y un índice de mecanización por taladrado superior a
100 aproximadamente.

30 6.- Mejoras según la reivindicación 3, caracte-
rizadas por el hecho de que dicho azufre está entre 0,25

323592



y 0,40% y el manganeso está entre 0,80 y 1,25%, siendo el acero endurecible por el calor y teniendo una capacidad de mecanización por taladrado de al menos alrededor de 110.

5

7.- Mejoras según la reivindicación 3, caracterizadas por el hecho de que dicho azufre está entre 0,35 y 0,50% y el manganeso está entre 0,80 y 1,25%, siendo el acero endurecible por el calor y teniendo una capacidad de mecanización por taladrado mayor de 110.

10

8.- Mejoras según las reivindicaciones 3 ó 4, caracterizadas por el hecho de que dicho azufre está entre 0,18 y 0,25% y el manganeso está entre por encima de 1,25 y 2,5%, siendo la relación manganeso-azufre menor que alrededor 10 a 1 y teniendo el acero buenas propiedades de forjabilidad.

15

9.- Mejoras según la reivindicación 3, caracterizadas por el hecho de que dicho azufre está entre 0,18 y 0,50% y el manganeso está por encima de entre 1,25 y 4,0%.

20

10.- Mejoras según la reivindicación 9, caracterizadas por el hecho de que el contenido de azufre está entre alrededor de 0,25 y alrededor de 0,40% y el acero es endurecible por temple a una temperatura entre alrededor de 705 y 760°C.

25

11.- Mejoras según la reivindicación 10, caracterizadas por el hecho de que el contenido del azufre está entre aproximadamente 0,25 y aproximadamente 0,35% y la relación manganeso-azufre está entre alrededor de 4 a 1 y alrededor de 10 a 1.

30

12.- Mejoras según la reivindicación 10, carac-

323592



terizadas por el hecho de que el contenido de manganeso está entre alrededor de 1,5 y 3,0%, y la relación manganeso-azufre está entre alrededor de 4 a 1 y 10 a 1.

5

13.- Mejoras según la reivindicación 3, caracterizadas por el hecho de que dicho azufre está entre 0,35 y 0,50% y el manganeso está por encima de entre 1,25 y 5,0%.



10

14.- Mejoras según la reivindicación 13, caracterizadas por el hecho de que el contenido de manganeso está por encima de entre 1,25 y 4,0%.



15

15.- Mejoras según la reivindicación 13, caracterizadas por el hecho de que el contenido de manganeso está entre aproximadamente 1,5 y aproximadamente 3,0%.

16.- Mejoras según la reivindicación 15, caracterizadas por el hecho de que el contenido de azufre está entre aproximadamente 0,40 y 0,50%, y el acero está caracterizado por una capacidad de mecanización por taladrado de al menos alrededor de 125.

20

17.- Mejoras introducidas en la fabricación de aceros inoxidable.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los tres dibujos que se acompañan y para los fines que se han especificado.

25

Esta Memoria consta de cincuenta y tres hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid,

1 SEP 1934

P. A.



323592

SPAIN

323592

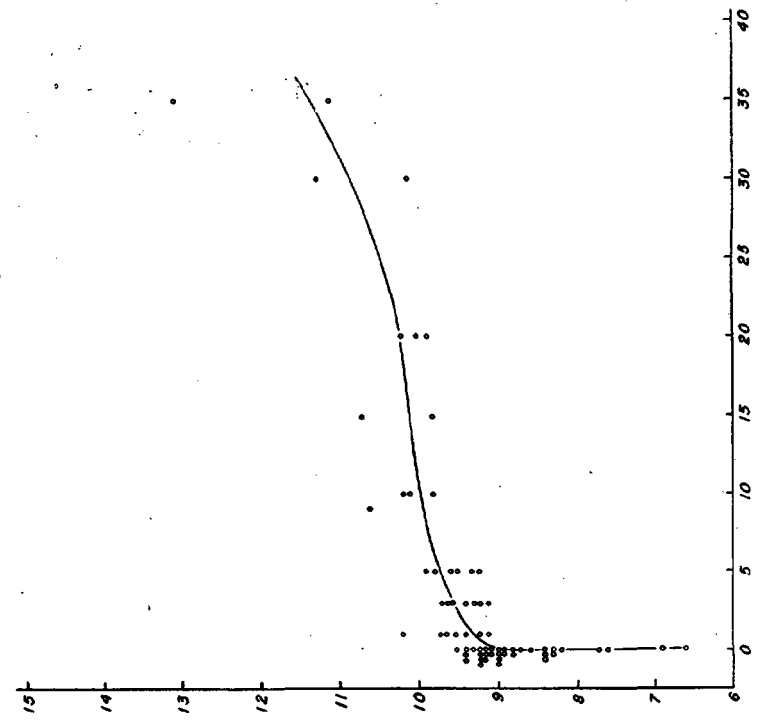


FIG. 1

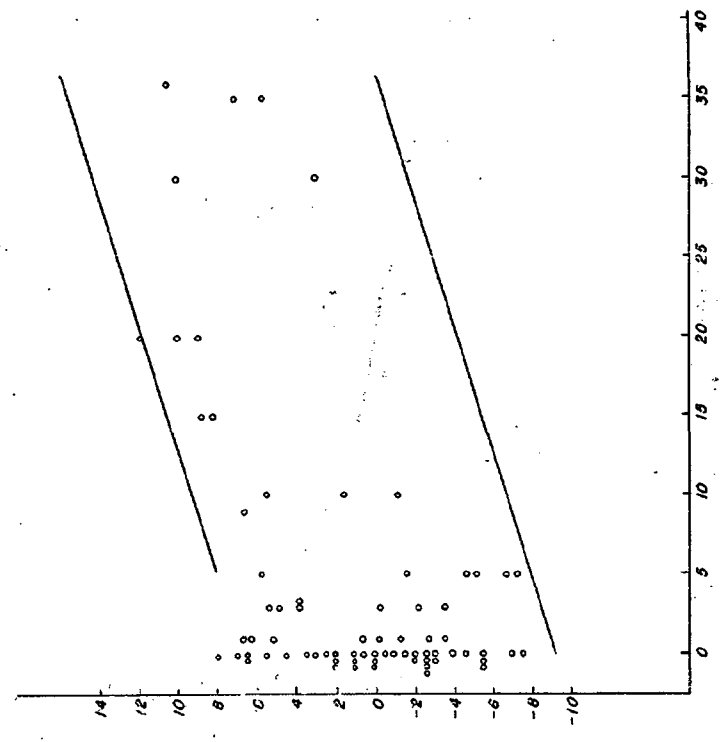


FIG. 2

Alberto Colmenero
ALBERTO COLMENERO



SPAIN

323592

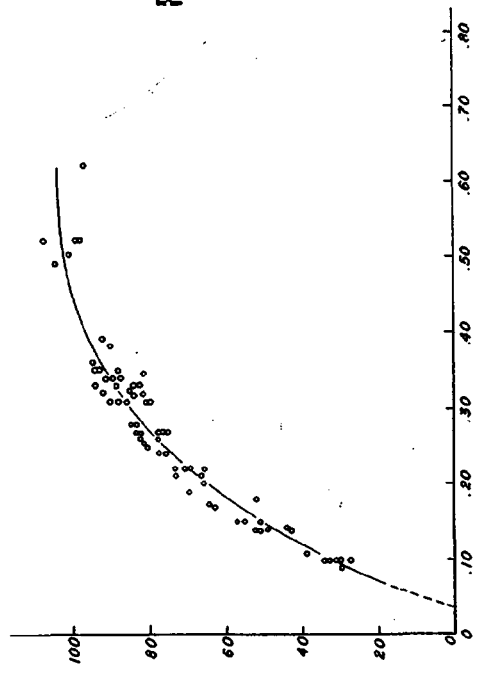


FIG. 3

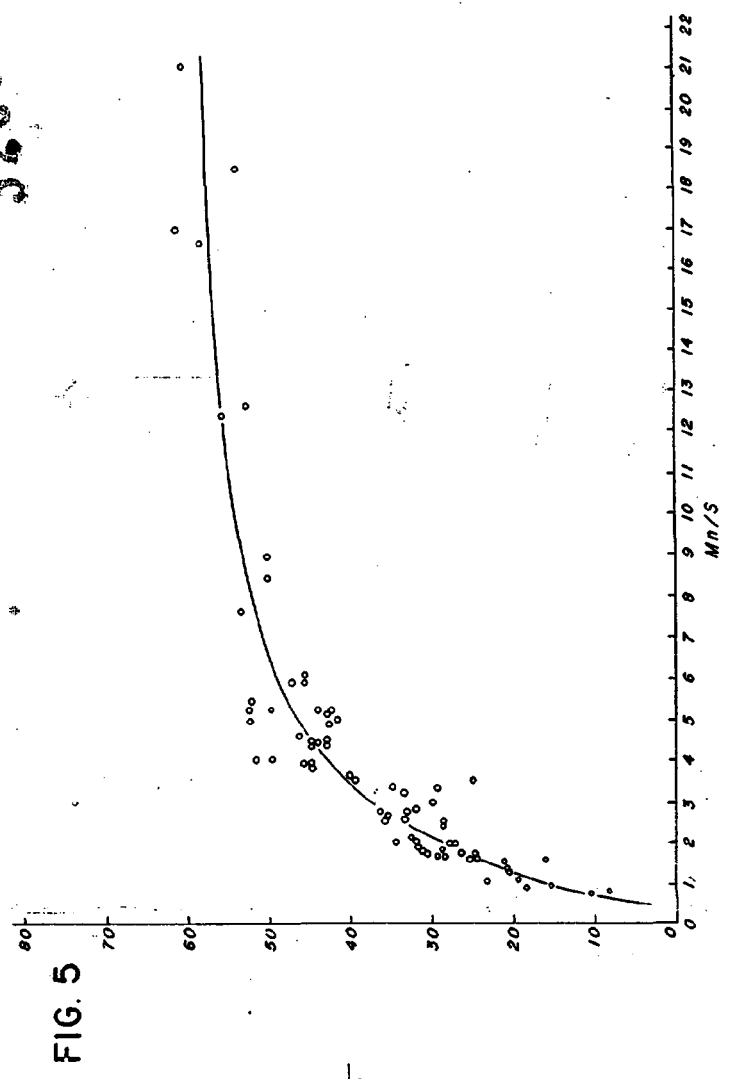


FIG. 5

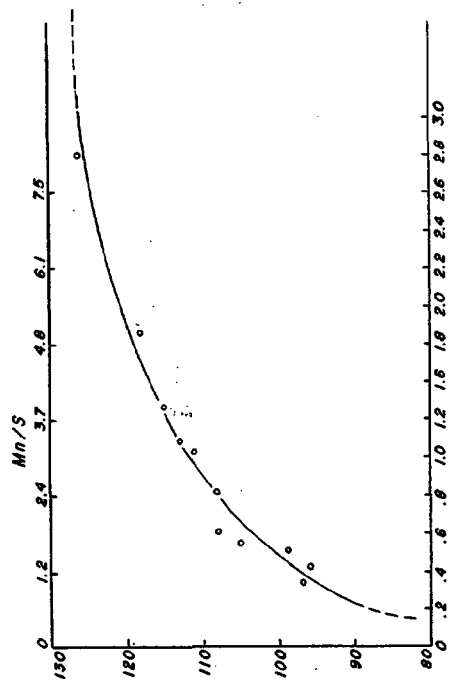


FIG. 4

24/10/54



SPAIN

THE UNIVERSITY OF MICHIGAN

FIG. 6

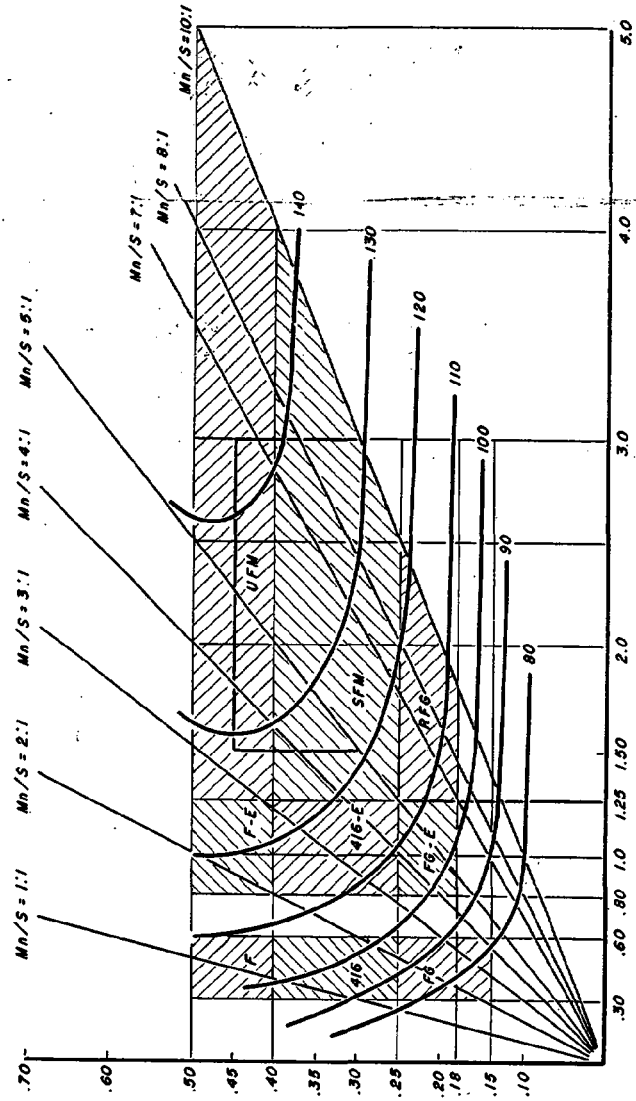
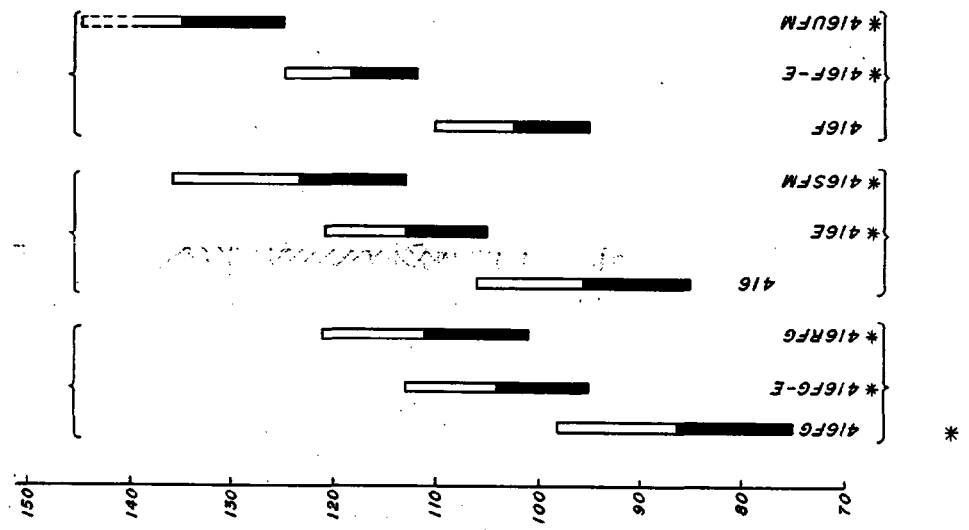


FIG. 7



Handwritten signature or initials.