



PATENTE DE INVENCIÓN

Case Nº M-54140

333612

Memoria Descriptiva

sobre:

"PROCEDIMIENTO PARA MEJORAR LA RELACION
LIMITE ELASTICO A TENACIDAD DE UN ACERO".

Solicitante: UNITED STATES STEEL CORPORATION, entidad norteamericana, residente en: 525 William Penn Place, PITTSBURGH, Estado de Pensilvania, EE.UU. de A.

Este invento se refiere a aceros de gran límite elástico, dotados de una resistencia excepcionalmente buena a la propagación de grietas. Este invento implica también un método para mejorar la

5. relación límite elástico a tenacidad de estos aceros



y de otros similares. Más especialmente aún, este invento incluye un procedimiento para mejorar la resistencia a la propagación de grietas, sin sacrificar indebidamente el límite elástico.

5. Aun cuando se alcancen las propiedades de los materiales estructurales existentes, se desarrollan nuevas aplicaciones que requieren materiales de propiedades todavía mejores. Así, existe una necesidad ininterrumpida de aceros de mejor límite elástico.
10. Sin embargo, muchas aplicaciones de aceros de resistencia elevada, requieren además una buena resistencia a la propagación de grietas. Entre las aplicaciones que precisan esta combinación de propiedades, figuran aquellas en las que se requiere una mayor resistencia a la fractura por fragilidad, o fractura frágil, y en las que el peso o espesor del acero ha de mantenerse en un mínimo. Entre los muchos empleos figuran las embarcaciones sometidas a presión, las envolturas para motores de proyectiles dirigidos, los cascos de submarinos, y otras embarcaciones para navegar a profundidad, los recipientes a presión para reactores nucleares, y los elementos estructurales sometidos a grandes esfuerzos.
20. Durante los últimos años, se ha realizado un esfuerzo considerable para conseguir aceros aleados de elevado límite de elasticidad. Se ha observado en general que existe un límite superior para la resistencia a la propagación de grietas, susceptible de obtenerse en aceros en la actualidad conocidos, y que este límite disminuye al aumentar la resistencia en
- 25.
- 30.



- el acero. En los bien conocidos aceros aleados, templados y revenidos, y en los aceros "maragin" (aceros martensíticos de elevado contenido en níquel), que con anterioridad proporcionaban la mejor combinación de resistencia y tenacidad, se ha comprobado que la relación normal límite elástico/tenacidad, implica una reducción de 0'135 Kgm. en la resistencia a la propagación de grietas, por cada 70'3 Kg/cm² de aumento en límite elástico; por lo menos en la zona de 11'2.10³ a 14'0.10³ Kg/cm² de límite elástico. Esta relación se representa en la figura 1 que muestra la curva de límite superior para la relación entre el límite elástico y la resistencia a la propagación de grietas de aceros de límite elástico corriente, convencionalmente tratados por medios térmicos. Este invento incluye a la vez un nuevo acero de elevado límite elástico, que contenga níquel y aluminio, y un método para tratar estos aceros de tal modo que la relación límite elástico a tenacidad se mejore y se consiga una mejor combinación de límite elástico y tenacidad. Aplicando prácticamente el método descrito a continuación, la resistencia a la propagación de grietas puede aumentarse junto con un aumento en el límite elástico, o por lo menos, la pérdida de tenacidad por unidad de aumento en el límite elástico, puede reducirse por debajo de la relación 1:1 (0'135 Kgrametros de reducción de tenacidad por cada 70'3 Kg/cm² de aumento en el límite elástico) típica de los aceros convencionales de elevado límite de elasticidad. Por el contrario, los aumentos en la resistencia a la
- 5.
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.



- propagación de grietas, van acompañados por disminuciones desproporcionadamente menores de límite de elasticidad. Esto se ha conseguido como resultado del descubrimiento realizado por los Solicitantes, de que
5. el aluminio puede usarse como reforzador sin perjudicar la tenacidad, si el nitrógeno se mantiene a un nivel muy reducido.
- Los aceros dentro de su tipo de composición, poseen en general tenacidades substancialmente en exceso de la curva superior de límite (ver figura 1), que establece el límite superior corriente de tenacidad para aceros con 0,2% de límite elástico compensado, de $8 \cdot 4 \cdot 10^3$ a unos $14 \cdot 0 \cdot 10^3$ Kg/cm². De acuerdo con este invento, se proporciona un acero de elevado punto elástico, de la combinación deseada de resistencia mecánica y resistencia a la propagación de grietas, consistente esencialmente en hasta alrededor de 0,2% de carbono, por lo menos 4% de níquel, con preferencia de 4 a 12% de níquel, hasta alrededor de 1,05% de molibdeno, alrededor de 0,1 a 0,7% de aluminio, no más de 0,0025% de nitrógeno, hasta alrededor de 10% de cobalto, hasta alrededor de 0,5% de cromo, y el resto hierro con las impurezas corrientes. En la modalidad preferida, la composición de acero está constituida esencialmente por alrededor de 0,06 a 0,15% de carbono, 8 a 12% de níquel, 0,75 a 1,25% de molibdeno, 3 a 10% de cobalto, 0,1 a 0,5% de aluminio, no más de 0,0025% de nitrógeno, y el resto hierro con las impurezas normales. Estas en aceros de este tipo incluirán manganeso, silicio, fósforo y azufre, los dos primeros hasta alrededor de 0,15% máximo y los dos últimos
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.



lo cual se temple nuevamente siguiendo el tratamiento doble de austenitización; el acero se envejece, por lo menos, durante 1 hora a una temperatura del orden de más de 427°C a unos 566°C. Con preferencia, el

5. acero aleado de bajo contenido de carbono, se envejece a unos 482°C a 566°C durante 5 a 15 horas aproximadamente, siguiendo el tratamiento de austenitización doble.

10. Este invento se describirá más detalladamente en la descripción siguiente y en los dibujos adjuntos, en los que:

15. La figura 1 es un gráfico que aclara las propiedades de composición dentro del alcance de este invento, con respecto al límite superior de la relación límite elástico y resistencia a la propagación de grietas de aceros de límites elásticos convencionales.

20. La figura 2 es un gráfico que aclara el efecto de la variación en el carbono, nitrógeno y aluminio contenidos, sobre el límite elástico y la resistencia a la propagación de grietas, y

25. La figura 3 es un gráfico que aclara el efecto de la temperatura de envejecimiento sobre las propiedades mecánicas de una composición de acero aleado típica de poco carbono y elevado límite elástico, de acuerdo con este invento.

30. Los estudios de investigaciones previas recogidos por el Laboratorio de Investigación Naval, han establecido una zona superior de curso resistencia mecánica/tenacidad, para aceros convencionales



de elevado límite elástico. Los resultados del estudio se han publicado en el Informe NRL 6300, junio de 1965 disponible en el Clearinghouse para la Investigación Federal Científica y Técnica (CFSTI), Sills Building, 5285 Port Royal Road, Springfield, Virginia.

5. La curva de la figura 1 indica el límite citado de los aceros convencionales, en cuanto a la resistencia mecánica y tenacidad, e indica además la relación mejorada resistencia mecánica/tenacidad de aceros comprendidos entre los límites de este invento.

10.

Se prepararon una serie de aceros típicos de composiciones relacionadas, que se describen en la Tabla 1,

T A B L A 1.

<u>Designación</u>	<u>C</u>	<u>Mn</u>	<u>P</u>	<u>S</u>	<u>Si</u>	<u>Ni</u>	<u>Cr</u>	<u>Mo</u>	<u>Co</u>	<u>Al</u>	<u>N</u>
A	0.013	0.097	0.001	0.006	0.070	8.74	0.10	1.00	3.96	0.18	0.001
B	0.068	0.099	0.001	0.006	0.078	8.86	0.10	1.00	4.01	0.18	0.001
C	0.11	0.098	0.001	0.005	0.073	8.73	0.10	1.00	3.97	0.18	0.001
D	0.016	0.10	0.002	0.006	0.067	8.74	0.10	0.99	3.91	0.28	0.001
E	0.064	0.10	0.002	0.007	0.070	8.70	0.10	0.99	3.89	0.28	0.001
F	0.099	0.10	0.002	0.007	0.069	8.71	0.10	0.99	3.91	0.28	0.001
G	0.017	0.098	0.001	0.006	0.060	8.82	0.10	1.00	3.98	0.27	0.005
H	0.066	0.098	0.001	0.006	0.075	8.86	0.10	1.00	4.00	0.28	0.005
J	0.099	0.098	0.001	0.006	0.084	8.87	0.10	1.00	4.00	0.27	0.007
K	0.083	0.10	0.002	0.006	0.087	8.73	0.10	1.03	4.06	0.23	0.001
L	0.075	0.10	0.001	0.006	0.09	8.83	0.10	1.01	4.05	0.22	0.002
M	0.12	0.11	0.002	0.005	0.08	8.81	0.10	1.02	4.04	0.23	0.002
N	0.078	0.01	0.001	0.005	0.02	8.99	0.10	0.98	4.20	0.54	0.001
O	0.079	0.01	0.001	0.006	0.02	9.03	0.10	0.97	4.20	0.74	0.001
P	0.11	0.11	0.002	0.006	0.08	8.42	0.10	0.98	7.86	0.21	0.002
Q	0.068	0.10	0.005	0.006	0.04	8.88	0.04	1.02	4.06	0.30	0.001



- Los efectos de las variaciones en el carbono, aluminio y nitrógeno sobre las propiedades mecánicas de dichos aceros, se representan en la Tabla 2. Como puede verse, los aceros que contienen el carbono,
5. aluminio y nitrógeno en las proporciones precisas, poseen un límite elástico y una resistencia a la propagación de grietas, superiores. Sin embargo, el límite elástico de muestras de las composiciones A y G es considerablemente inferior al de los demás, a causa
10. del bajo contenido de carbono, inferior a 0,06%. Análogamente, la resistencia a la propagación de las grietas, de las composiciones H y J, es considerablemente inferior a la de los demás, a causa del elevado contenido de nitrógeno, superior a 0,0025%.
15. Como indica la figura 2, el límite elástico de los aceros aumenta con el contenido de carbono, pero la resistencia a la propagación de grietas correspondiente, desciende. La gráfica representa también que los aceros dotados de un contenido reducido de nitrógeno, como se precisa en este caso, poseen unas
20. relaciones superiores de límite elástico a resistencia a la propagación de grietas, con respecto a los aceros de mayor contenido de nitrógeno, o sea con contenidos de nitrógeno superiores al límite crítico.



T A B L A 2.

Designación	Características distintivas	Tratamiento de envejecimiento		Límite elástico (0,2% compensado), kg/cm ² x 10 ³	Resistencia a la tensión, Kg/cm ² x 10 ³	Elongación en 25,4 mm %	Reducción de superficie %	Absorción de energía de choque, rama en V, Charpy, Kilogrametros			
		Grados C	Tiempo en horas					26°70C	17°80C		
A	0.13 C, tal como se temple			6'96	8'57	20.0	79.7	23'62	23'89		
		0.18 Al	482	5	7'66	8'57	23.0	79.2	23'89	24'57	
		0.001 N		16	7'59	8'29	23.5	79.9	24'03	24'14	
				538	5	7'45	8'15	24.0	80.0	24'43	24'30
					16	6'82	7'38	24.0	81.4	27'81	25'38
B	0.068 C, tal como se temple			9'07	12'01	18.0	72.1	11'47	11'88		
		0.18 Al	482	5	10'97	11'81	20.0	74.2	13'77	14'04	
		0.001 N		16	11'18	11'88	20.0	75.1	12'96	12'96	
				538	5	11'11	11'67	20.0	74.9	13'90	14'85
					16	10'90	11'18	19.0	73.9	14'44	15'52
C	0.11 C, tal como se temple			9'84	13'99	18.0	66.7	5'94	5'67		
		0.18 Al	482	5	12'16	13'29	17.0	67.6	8'10	8'23	
		0.001 N		16	12'59	13'08	17.0	70.6	8'50	7'96	
				538	5	12'52	12'87	17.0	71.1	9'72	7'15
					16	12'44	12'73	18.0	70.6	10'26	8'37
D	0.016 C, tal como se temple			6'82	8'92	20.0	79.6	22'00	22'41		
		0.28 Al	482	5	7'94	8'92	24.0	79.0	23'08	22'54	
		0.001 N		16	8'01	8'78	23.5	77.3	21'87	20'52	
				538	5	7'94	8'64	23.0	79.4	23'49	19'30
					16	7'52	8'01	24.0	80.4	23'62	20'38



TABLA 2 (Continuación)

E	0.064 C	tal como se temple		9.14	12'16	18.0	72.9	11'88	11'74		
			0.28 Al	482	5	11'04	11'74	18.5	73.5	13'36	13'23
			0.001 N		16	11'32	11'88	19.0	74.5	12'01	13'63
				538	5	11,25	11'74	19.0	74.3	13'23	11'88
				16	10'90	11'18	19.0	74.7	12'82	12'82	
F	0.099 C	tal como se temple		10'20	13'57	17.0	67.3	8'37	8'23		
			0.28 Al	482	5	12'02	12'80	18.0	69.5	9'85	10'12
			0.001 N		16	12'52	13'08	17.0	70.4	9'58	9'04
				538	5	12'44	13'01	17.0	69.9	9'31	9'18
				16	12'30	12'59	18.0	72.5	10'93	10'26	
G	0.017 C	tal como se temple		6'96	9'07	19.0	73.7	14'98	13'36		
			0.27 Al	482	5	8'01	9'21	22.0	71.5	8'77	4'99
			0.005 N		16	8'15	9'14	21.0	70.4	8'10	5'67
				538	5	8'01	8'85	21.5	71.1	10'66	6'34
				16	7'52	8'15	21.0	72.9	12'42	6'88	
H	0.066 C,	tal como se temple		9'28	12'23	16.0	59.7	6'21	6'07		
			0.28 Al	482	5	11'32	12'16	17.5	63.6	5'80	4'59
			0.005 N		16	11'46	12'23	17.5	63.3	4'72	5'53
				538	5	11'81	12'23	16.0	62.7	4.99	4'45
				16	11'25	11'60	17.0	66.6	5'26	5'26	
J	0.099 C,	tal como se temple		11'04	14'62	13.5	48.6	3'24	3'24		
			0.27 Al,	482	5	12'94	13'50	16.0	59.9	2'56	2'97
			0.007 N		16	13'29	13'78	12.0	48.3	3'37	3'37
				538	5	13'01	13'43	15.0	60.8	3'10	3'24
				16	13'01	13'29	13.5	55.5	2'97	2'56	

NOTA: Muestras en forma de planchas de 12,5 mm de grueso, aus-



5. tenitizadas a 816°C durante 1 hora, templadas en agua, envejecidas como se indica y templadas en agua. Los resultados son las medias de muestras duplicadas de 6,4 mm de diámetro para ensayos a la tensión y de muestras normales para ensayos de choque en ramura V en péndulo Charpy.

10. La importancia de controlar el contenido de aluminio, se muestra por los Ejemplos que figuran en la Tabla 3, en los que las composiciones K y N con contenidos de aluminio y nitrógeno dentro de los límites requeridos y una composición de muestra O que contiene 0,74 de aluminio fuera del orden preciso, se austenitizaron, se templaron en agua, se envejecieron y se templaron nuevamente en agua. Como puede verse, las composiciones K y N acusaron un aumento en límite elástico de $2 \cdot 0 \cdot 10^3$ y $2 \cdot 2 \cdot 10^3$ kg/cm², respectivamente. Estos aumentos en resistencia, fueron acompañados por un aumento en resistencia a la propagación de grietas para la composición K y una reducción desproporcionadamente inferior en dicha resistencia en el caso de la composición N de solamente 0'67 kilogrametros. Como contraste, la composición O acusó un aumento en resistencia, de $3 \cdot 23 \cdot 10^3$ kg/cm² que era acompañado por una disminución convencional en la resistencia a la propagación de grietas, de 6'61 kilogrametros. Se observa desde luego que la relación límite elástico a tenacidad se mejora considerablemente cuando el contenido de aluminio se mantiene dentro de los límites precisos, pero que cuando el límite de aluminio se excede, no se obtiene mejora alguna en la relación límite elástico/tenacidad.
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.



T A B L A 3.

Desig nacion	Caracte rísticas distin- tivas	Tratamiento de envejecimiento Grados C	de Tiempo en horas	Límite elástico (0,2 % a la compen sado), kg/cm ² x 10 ³	Resis- tencia a la tension Kg/cm ² x 10 ³	Aumento(o disminu- ción)en límite elástico kg/cm ² x 10 ³	Aumento (o dismi- nución) en resis- tencia a la propa- gación de grietas Kilográ- metros	Absorción de energía de choque, ranura en V, Charpy, Kilográme- tros.
K	0.083 C	tal como se temple		10'69	13'71	2'20	1'62	7'69
	0.23 Al	538	5	12'87	13'36			9'31
	0.001 N							
N	0.078 C	tal como se temple		11'04	12'44	2'03	(0'67)	8'64
	0.54 Al	538	5	13'01	13'37			7'96
	0.001 N							
O	0.079 C	tal como se temple		11'39	12'30	3'23	(6'61)	8'37
	0.74 Al	538	5	14'62	15'12			1'75
	0.001 N							

NOTA: Muestras en forma de planchas de 12,5 mm de grueso, austenitizadas a 816°C durante 1 hora, templadas en agua, envejecidas como se indica y templadas en agua. Los resultados son las medias de muestras duplicadas de 6,4 mm de diámetro para ensayos a la tensión y de muestras normales para ensayos de choque en ranura V en péndulo Charpy.

25. Una composición preferida dentro del alcance de este invento, contiene alrededor de 9% de níquel, 4% de cobalto, 1% de molibdeno, 0,2% de aluminio y menos de 0,002% de nitrógeno. El aluminio se cree que contri-

30.



- buye al refuerzo del acero, pero éste es relativamente resistente a la variación del contenido de aluminio en el orden de 0,1 a 0,65% aproximadamente. Es importante, sin embargo, que el contenido de nitrógeno se mantenga por debajo de alrededor de 0,0025% para obtener una elevada resistencia a la propagación de grietas. El contenido de nitrógeno de 0,005% da origen a una reducción drástica en la resistencia a la propagación de grietas.
- 5.
10. La relación límite elástico/resistencia a la propagación de grietas, se mejora en los aceros de elevado límite elástico, por el nuevo tratamiento térmico de este invento, que comprende la doble austenitización seguida por el envejecimiento. Los ejemplos siguientes
15. aclaran mejoras obtenidas por el método de este invento.
- A una serie de muestras de composiciones K, L, M, N, O y P (descritas en la Tabla 1) se les sometió a tratamientos de austenitización sencillo y doble, como se indica en la Tabla 4, después de lo cual cada muestra se envejeció a 538°C durante 5 horas, y se templó en agua. Como se observa, en cada caso, el límite elástico de la muestra de austenitización doble, disminuyó, y la resistencia a la propagación de grietas, decreció también, en cada caso, pero en la muestra de composición O, aumentó. El hecho sorprendente es que, en todos los casos, la resistencia a la propagación de grietas aumentó desproporcionadamente más que el decrecimiento del límite elástico, o sea, más que la relación normal 1:1 que podría haberse esperado. En muchos casos, el aumento en
- 20.
- 25.
30. la resistencia a la propagación de grietas, es superior



al doble de la cantidad del decrecimiento en el límite elástico, y en un ejemplo (muestra M) la resistencia a la propagación de grietas aumentó más de cuatro veces la cantidad de disminución en límite elástico. Debe observarse que no se obtuvo mejora en la relación límite elástico a resistencia a la propagación de grietas, en la muestra O que contenía 0,74% de aluminio, y a continuación:

TABLA 4.

Designación	Características distintivas	6 horas	1 hora	Límite elástico (0,2 % compen sado), kg/cm ² x 10 ³	Resistencia a la tensión, Kg/cm ² x 10 ³	Absorción de energía de choque de ramura en V, Charpy Kgrámetros -17°82C	Aumento (o disminución) en límite elástico Kg/cm ² x 10 ³	Aumento (o disminución) en resistencia a la propagación de grietas Kilogrametros.
K	0.083 C, 0.23 Al, 0.001 N	----- 2200	1500 1500	12'87 11'32	11'36 12'09	9'31 14'71	(2'90)	5'40
L	0.075 C, 0.22 Al, 0.002 N	----- 2200	1500 1500	11'95 9'91	12'37 11'32	6'48 14'98	(4'18)	8'50
M	0.12 C, 0.23 Al, 0.002 N	----- 2200	1500 1500	13'22 12'66	13'57 13'36	3'91 11'07	(1'08)	7'10
N	0.078 C, 0.54 Al, 0.001 N	----- 2200	1500 1500	13'08 12'30	13'57 12'94	7'96 8'37	(1'48)	0'40
O	0.079 C, 0.74 Al, 0.001 N	----- 2200	1500 1500	14'62 13'99	15'12 14'69	1'75 0'81	(1'21)	(0'94)
P	0.11 C, 0.21 Al, 0.002 N, 7.86 Co	----- 2200	1500 1500	11'74 10'69	12'44 12'23	4'45 9'72	(2'02)	5'26

NOTA: Muestras en forma de planchas de 12,5 mm de grueso, simple o doblemente austenitizadas como se indica, y envejecidas a 593°C durante 5 horas, y templadas en agua. Los resultados son las medias de muestras dupli-



cadras de 6,4 mm de diámetro para ensayos para la tensión, y muestras normales para los choques de muesca en V en el péndulo Charpy.

- El efecto del tratamiento de austenitización sencilla y doble sobre las propiedades mecánicas se muestra además por los Ejemplos que figuran en la Tabla 5. En este caso, las muestras de composición K recibieron tratamientos de austenitización a temperaturas de 816°C a 1038°C. Algunas de las muestras recibieron un tratamiento ulterior de austenitización a 816°C durante 1 hora, seguido por el temple mediante agua después de la primera austenitización a las temperaturas antes citadas, durante 15 minutos. Todas las muestras se envejecieron a 538°C durante 5 horas después de su último tratamiento de austenitización. El límite elástico de las muestras a causa del tratamiento de doble austenitización, fue más elevado que los proporcionales con solo un tratamiento de austenitización, pero muy sorprendentemente, en todos los casos, salvo dos, la resistencia a la propagación de grietas aumentó también al mismo tiempo. La muestra que se había austenitizado primero a 927°C, acusó un aumento en el límite elástico, de 703 Kg/cm² y una disminución en resistencia a la propagación de grietas de solamente 0'67 kilogrametros que, desde luego, acusa también una mejora en la relación límite elástico/resistencia a la propagación de grietas.



T A B L A 5.
COMPOSICION K

* Temperatura de austenitización °C		Límite elástico (0,2 % compensado), Kg/cm ² x 10 ³	Resistencia a la tensión Kg/cm ² x 10 ³	Aumento (o disminución) en límite elástico Kg/cm ² x 10 ³	Aumento (o disminución) en resistencia a la propagación de grietas Kilogrametros.	Absorción de energía de choque, ramura en V, Charpy Kilogrametros. -17°8°C
15 minutos	1 hora					
1038	-----	11'32	12'09	1'05	1'48	11'74
1038	816	12'37	12'73			13'23
927	-----	11'67	12'09	0'70	(0'67)	11'74
927	816	12'37	12'73			11'07
871	-----	11'95	12'37	0'14	0'26	12'82
871	816	12'09	12'52			13'09
816	-----	12'80	13'08	(0'14)	1'35	9'18
816	816	12'66	13'01			10'53
----	816	12'87	13'36	0'07	0'13	9'31

* Muestras en forma de placa de 12,5 mm de espesor de composición K como se indica, templadas en agua y envejecidas a 538°C durante 5 horas, y templadas en agua.

NOTA: Los resultados son la media de muestras duplicadas de 6,4 mm de diámetro para ensayos de tensión, y muestras normales para choque de ramura en V en el péndulo Charpy.

La importancia de emplear una baja temperatura final de austenitización para la segunda etapa del tratamiento doble de austenitización, se indica en la Tabla 6, que contiene los resultados del tratamiento de muestras de composición P por austenitización a la temperatura indicada, durante 1 hora, templado en agua y envejecimiento a la temperatura citada, durante 5 horas, seguido también por templado en agua. La resistencia a la propagación de grietas de muestras austenitizadas a 928°C y 1066°C, fueron generalmente inferiores

25.

30.



a las de la muestra austenitizadas a 816°C.

T A B L A 6.

COMPOSICION P

Tempera- tura de austeni- tización * °C	Tempera- tura de envejeci- miento °C	Límite elástico (0,2 % compen- sado), kg/cm ² x 10 ³	Resis- tencia a la tensión kg/cm ² x 10 ³	Elonga- ción en 25,4 mm %	Reduc- ción de su super- ficie %	Absorción de energía de choque, ra- nura en V, Charpy, Ki- logrametros	
						+26°7°C	-17°8°C
816	Tal como se temple 482	10'76	11'67	19.5	73.0	15'25	14'17
	510	11'25	11'95	19.0	75,4	18'90	17'55
	538	11'39	11'88	19.0	76.5	17'95	18'90
927	Tal como se temple 482	9'70 10'48	12'09 11'46	18.00 20.0	72,4 71'9	14'44 14'71	15'12 14'44
	510	10'90	11'67	20.0	73.0	16'20	15'39
	538	11'18	11'81	19.5	74.2	17'01	16'06
1066	Tal como se temple 538	9'63 11'11	11'81 11'74	18.0 20.0	73.0 73.5	16'47 16'20	15'93 16'06

* Muestras en forma de placas de 12,5 mm de grueso, de composición P, austenitizadas a las temperaturas indicadas, durante 1 hora, templadas en aire, envejecidas a la temperatura citada, durante 5 horas y templadas en aire.

NOTA: Los resultados son la media de muestras duplicadas de 6,4 mm de diámetro para ensayos de tensión, y muestras normales para choque de ramura en V en el péndulo Charpy.



Sin embargo, la característica más importante del tratamiento final de envejecimiento sigue a la austenitización doble y se indica en la figura 3. Se ha comprobado que puede desarrollarse un acusado aumento en la resistencia a la propagación de grietas, con un aumento en la resistencia mecánica a las temperaturas de envejecimiento por encima de 427°C.

5. Las muestras de la composición se austenitizaron a 816°C, se templaron en agua y se envejecieron a la temperatura indicada, durante 5 horas después de las cuales se templaron nuevamente en agua. Los resultados de los ensayos de las propiedades mecánicas figuran en la Tabla 7 y se comparan con las propiedades de una muestra "tal como se temple" (sin envejecer).
10. Como puede verse el límite elástico y a la vez la resistencia a la propagación de grietas, aumenta a temperaturas de envejecimiento superiores a 427°C, fenómeno contrario a la experiencia corriente con aceros de elevado límite elástico. Los resultados se indican en la figura 3 que muestra gráficamente que a la temperatura de envejecimiento de alrededor de 538°C llegan a un máximo, a la vez, el límite elástico y la resistencia a la propagación de grietas.
- 15.
- 20.



T A B L A 7.

Temperatura de envejecimiento. * °C	Límite elástico (0,2 % compensado), Kg/cm ² x 10 ³	Resistencia a la tensión Kg/cm ² x 10 ³	Elongación en 25,4 mm %	Reducción de superficie %	Absorción de energía de choque, ranura en V, Charpy, Kilo-grametros. +26'7°C -17'8°C	
Tal como se temple	10'64	13'64	16.0	66.5	7'83	7'69
204	11'53	13'64	16.0	67.8	7'96	7'56
316	11'81	13'29	15'5	67'6	7'29	7'02
427	11'95	12'87	16.0	65.8	7'15	6'75
482	12'09	12'94	18.0	69.3	8'37	7'96
510	12'52	13'08	18.0	68.8	9'31	9'31
538	12'87	13'36	17.0	72.0	8'64	9'31
566	12'52	12'73	17.5	70.7	10'80	9'31

* Muestras de 12,5 mm de grueso, de composición K austenitizadas a 816°C durante 1 hora, templadas en agua, envejecidas a la temperatura indicada, durante 5 horas, y templadas en agua.

20. NOTA: Los resultados son la media de muestras duplicadas de 6,4 mm de diámetro para ensayos de tensión, y muestras normales para choque de ranura en V en el péndulo Charpy.

25. La relación límite elástico a tenacidad se cree que mejora por el método antes descrito, a causa de estos aceros de bajo carbono y muy aleados, derivan una parte de su resistencia mecánica, de la precipitación de carburos o reacciones de endurecimiento por envejecimiento, que se creen implicar los elementos níquel, aluminio, y posiblemente molibdeno. Como se ha indicado



- la resistencia a la propagación de grietas, de estos aceros, puede mejorarse acusadamente con una mejora o solo una pequeña pérdida en el límite elástico, dando al acero un tratamiento de homogeneización o austenitización a temperatura elevada, y un temple en agua antes del tratamiento convencional de austenitización a 816°C, un temple en agua y un tratamiento crítico de envejecimiento por encima de 427 a 566°C. La austenitización a temperatura elevada solamente, eleva en general la resistencia a la propagación de grietas, pero disminuye acusadamente el límite elástico. El segundo tratamiento de austenitización en el orden inferior por ejemplo, 816°C, generalmente eleva el límite elástico y la resistencia a la propagación de grietas.
5. De lo anterior resulta evidente que dentro del alcance de este invento, pueden introducirse distintos cambios y modificaciones. En la nueva composición y para llevar a cabo sus funciones bien conocidas, pueden incorporarse muchos aditivos convencionales de adición.
10. Así, pues, el alcance de este invento solo ha de limitarse por las reivindicaciones adjuntas.
- 15.
- 20.

- N O T A -

- Descrita suficientemente la naturaleza del invento, así como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas, son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental. También se hace constar que el invento corresponde a una solicitud de patente presentada en Nosteamérica, con fecha 29 de Noviembre de 1965, bajo
- 25.
- 30.



el Nº Ser. 510.340, acogiéndose por lo tanto, a los beneficios que conceden los Convenios Internacionales en vigor, siendo lo que constituye la esencia del referido invento y por lo que se solicita Patente de Invención, por 20 años en España: "PROCEDIMIENTO PARA MEJORAR LA RELACION LIMITE ELASTICO A TENACIDAD DE UN ACERO"; caracterizándose por lo siguiente:

- 5.
- 10.
- 15.
- 20.
- 1ª.- Procedimiento para mejorar la relación límite elástico a tenacidad de un acero, caracterizado porque se produce un acero de alto límite elástico que contiene esencialmente de un 4 a un 12% de níquel, de un 0,1 a 0,7% de aluminio, no más de 0,0025% de nitrógeno, hasta un 0,2% de carbono, hasta un 1,5% de molibdeno, hasta un 10% de cobalto aproximadamente, hasta un 0,5% de cromo y siendo el resto hierro, con las impurezas normales, dicho acero se calienta a la temperatura de austenitización del orden de 816°C a 1.205°C; se temple desde la temperatura de austenitización; se recalienta a la temperatura de austenitización del orden de 788 a 871°C, se temple y se envejece durante más de una hora a una temperatura del orden de 427 a 566°C, aproximadamente.

- 25.
- 2ª.- Procedimiento, según la reivindicación 1ª, caracterizado porque dicho acero se calienta a la primera temperatura de austenitización entre 816°C y 1.665°C.

- 30.
- 3ª.- Procedimiento, según la reivindicación 1ª, caracterizado porque el envejecimiento del acero se realiza a una temperatura del orden de 482°C a 566°C.



4ª.- Procedimiento, según la reivindicación 1ª, caracterizado porque el período de envejecimiento del acero es de 5 a 15 horas.

5. 5ª.- "Procedimiento para mejorar la relación límite elástico a tenacidad de un acero"; tal y como queda substancialmente descrito en la presente Memoria e ilustrado en los dibujos que se acompañan.

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

Madrid,

21 NOV. 1965

UNITED STATES STEEL CORPORATION

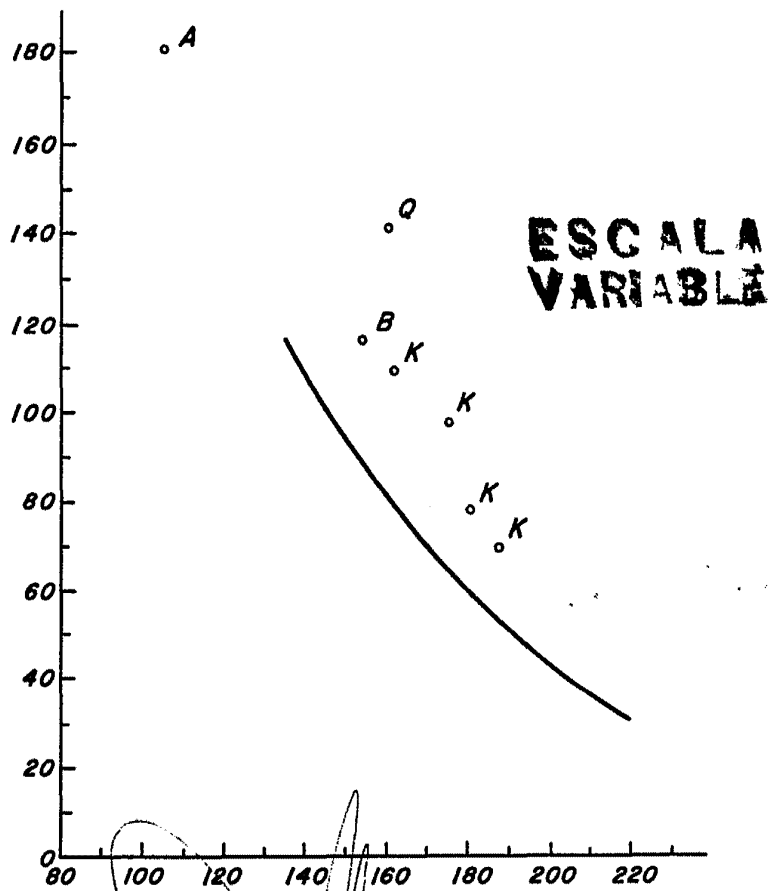
J. GOMEZ ACEBO Y MODET

F. Firmado: F. Hernández Ruiz

333612



FIG. 1.



A large, stylized handwritten signature in black ink.

~~MADE~~ 21 NOV. 1965

J. GOMEZ ACEBO Y MODEY
p. p. Firmados: F. Hernández Rato

3336 12



FIG. 2.

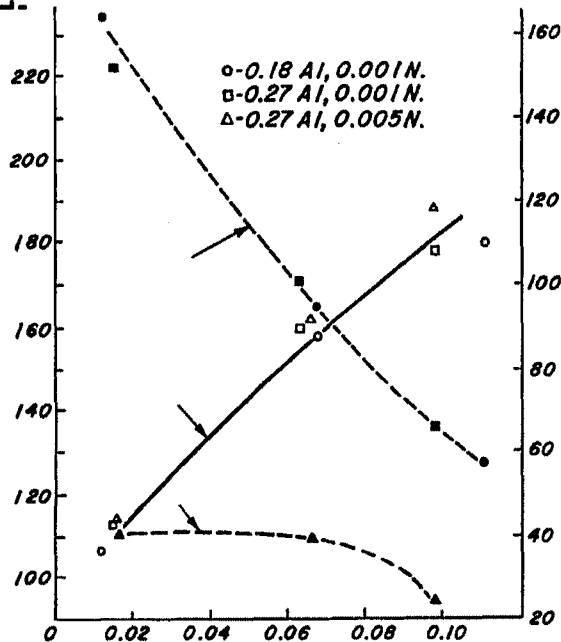


FIG. 3.

