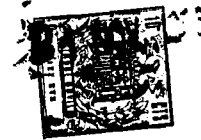


333613



PATENTE DE INVENCION

Case No. M-54141.-

Memoria Descriptiva

sobre:

"PROCEDIMIENTO PARA OBTENER UN ACERO DE ELEVADO LIMITE
ELASTICO".

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 alto límite elástico con buena resistencia a la propagación de grietas, y como material de soldadura de límite elástico elevado, de propiedades comparables.

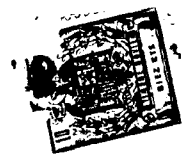
5. En muchas aplicaciones en las que el peso



- de la estructura y/o el espesor del material han de conservarse en un mínimo, se precisa aceros que combinen el límite elástico elevado con la buena resistencia a la propagación de grietas. Entre, los usos para los cuales dichos aceros son especialmente adecuados, figuran
5. la construcción de recipientes de presión, envolturas para motores de proyectiles dirigidos, cascos para submarinos, recipientes de presión para reactores nucleares, y elementos estructurales sometidos a esfuerzos muy elevados. Dado que estos usos precisan las operaciones de soldadura, es también esencial que la estructura soldada que incluye el metal de soldadura, tenga propiedades superiores.
- 10.

- Existe una necesidad urgente para metales de carga de tenacidad elevada, para la unión de los aceros aleados destinados a construcciones, con límites elásticos del orden de 11152 a 15334 kgr/cm². Estos metales de carga, después de depositarse por procedimientos convencionales de soldadura por fusión,
- 15.
- 20.
- han de tener una elevada tenacidad y límites elásticos aproximadamente iguales a los del acero de base dado que la condición al soldarse ha de ser un tratamiento térmico relativamente sencillo de post-soldadura.

- Se han utilizado dos tipos de metales de carga, para unir las aleaciones de construcción de límite elástico elevado, del orden de 11152 a 15334 kgr/cm². Un grupo de metales de carga, los aceros aleados "maragins" (aceros martensíticos de elevado contenido en níquel), pueden usarse para producir un metal de soldadura depositado y envejecido con límites de elasticidad
- 25.
- 30.



- dad satisfactorios, pero con tenacidad sólomente marginal 4'05 a 6'75 kgm de absorción de energía en la ranura en V de Charpy-17,8°C). Además los metales de carga maragin, no son especialmente compatibles con los aceros aleados convencionales que contengan carbono. El segundo grupo de metales de carga, aceros aleados con níquel que contengan carbón, se utilizan generalmente en la condición de soldados y acusan una tenacidad moderadamente buena (40^{5'} a 81 kilogrametros de absorción de energía en la ranura en V de Charpy a -17,8°C). Sin embargo, para conseguir un límite elástico de 11152 kgr/cm² o superior, estos aceros aleados al níquel han de contener alrededor de 0,2 a 0,3% de carbono y, como resultado, estas aleaciones presentan una susceptibilidad moderadamente elevada a la rotura de la soldadura.
- 5.
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.
- En los años anteriores, se han obtenido gran acopio de datos sobre la relación de límite elástico-tenacidad de la ranura, de una variedad de aceros aleados. Estos datos indican que existe un límite superior en la tenacidad de la ranura, de dichos aceros. Además, se ha comprobado que el límite de la tenacidad de la ranura disminuye al aumentar el límite elástico, especialmente en aceros cuya resistencia es del orden de 11152 Kgr/cm², o superiores. En estos aceros de elevada resistencia, el límite superior de la tenacidad de la ranura es de alrededor de 8'1 kgm. (absorción de energía en la ranura en V de Charpy a -17,8°C) a 12546 kgr/cm², y desciende por debajo de 5,4 kgm (absorción de energía en la ranura en V de Charpy a -17,8°C) a 13940 kgr/cm².
- Los estudios compilados por el laboratorio Naval



de Investigación, han establecido un límite superior en la curva de resistencia a la tenacidad, para aceros convencionales de límite elástico elevado. Los resultados del estudio se han publicado en el informe nº 6300 del

5. NRL, de junio de 1.965, que puede facilitar el, Clearinghouse for Federal Scientific and Technical Information (CFSTI), Sills Bldg, 5285 Port Royal Road, Springfield, Virginia.

Este invento implica el desarrollo de acero

10. de elevada resistencia, que tenga una tenacidad en la ranura superior a los límites antes citados y, generalmente, una relación límite elástico-tenacidad mejor que los aceros de límite elástico elevado, convencionales. Los aceros de acuerdo con este invento, combinan los principios de re-

15. fuerzo de los aceros enfriados y templados con los principios de refuerzo de los aceros maragin, obteniendo así una parte del refuerzo de la precipitación de carburo, y una parte de la precipitación de compuestos intermetálicos, dichos aceros ofrecen las ventajas de los aceros enfriados

20. y templados y maragin, sin los inconvenientes simultáneos de estos tipos de aceros. Además, el metal de soldadura de estas composiciones, combina la resistencia a la rotura en soldadura de los aceros maragin de bajo contenido de carbono, con la superior tenacidad de los aceros al níquel-

25. cobalto.

Los aceros enfriados y templados, requieren un contenido de carbono superior al 0,2% aproximadamente, para ofrecer un límite elástico del orden de 11152 a 13940 kgr/cm². En esta proporción de carbono, la soldabilidad es

30. pobre, dado que el acero está sometido a una zona de rotura



- de refuerzo del cobalto. En estos aceros, es posible reducir el contenido de carbono por debajo de 0,16% y, con ello, obtener una buena tenacidad de la ranura. A este nivel de carbono, resultará algún refuerzo de la formación de carburos, pero el contenido de carbono no será tan elevado que la soldabilidad y la tenacidad de la ranura, se afecten adversamente. Estos aceros, consiguen niveles de límite elástico superiores a 11152 kgr/cm² pero no serán tan sensibles al nivel de elementos desiguales, azufre,
5. nitrógeno y oxígeno, como lo son los aceros maragin, dado que estos están prácticamente libres de titanio y aluminio que son responsables principalmente de los sulfuros, carburos y nitruros citados, perjudiciales. El metal de soldadura de las composiciones de acero de este invento, muy inesperadamente, tienen un límite elástico y una tenacidad por lo menos tan buena como las formas forjadas.
10. De acuerdo con este invento, se proporciona un acero de elevado límite elástico y buena tenacidad en la ranura, que contiene esencialmente, por lo menos 9,5% de níquel, con preferencia de 9,5 a 14% de níquel, como mínimo 6% de cobalto, con preferencia de 6 a 10% de cobalto, alrededor de 0,06 a 0,16% de carbón, con preferencia de 0,1 a 0,16% de carbón, alrededor de 0,7 a 1,5% de molibdeno, de 0,5 a 3% de cromo, con preferencia de 1 a 2% de cromo, y el
15. resto, prácticamente hierro. La expresión "prácticamente hierro", significa que los aceros pueden contener pequeñas cantidades, por ejemplo inferiores a 0,7% aproximadamente en total, de otros elementos tales como manganeso, silicio y aluminio, (este último hasta alrededor de 0,025% como máximo) para realizar sus funciones corrientes, y can-
- 20.
- 25.
- 30.



- tidades residuales de azufre y de fósforo. La composición preferida es un acero que contenga esencialmente de 9,5 a 12% de níquel, de 6 a 10% de cobalto, de 0,01 a 0,16% de carbono, de 0,7 a 1,5% de molibdeno, de 1 a 2% de cromo, y el resto prácticamente hierro. Se ha observado que resulta especialmente importante el controlar el níquel y el cobalto contenidos en el acero, si han de obtenerse relaciones de tenacidad/límite elástico superiores a las de los aceros convencionales de límite elástico elevado.
- 5.
10. Este invento se comprenderá mejor por la discusión y los Ejemplos siguientes.
- Se prepararon una serie de muestras de distintas composiciones, y el análisis de comprobación, en porcentajes ponderales (utilizado en toda la Memoria) de estas composiciones figura en la Tabla 1.
- 15.

T A B L A

I

Acero	C	Mn	P	S	Si	Mi	Cr	Mo	Co	Al [†]	N	O
A	0.14	0.001	0.001	0.007	0.10	10.10	0.98	<0.01	7.82	0.003	0.002	0.0029
B	0.15	0.006	0.001	0.007	0.093	10.10	<0.10	1.00	8.03	0.003	0.002	0.0012
C	0.19	0.001	<0.001	0.006	0.092	10.00	<0.10	<0.01	7.56	0.010	0.002	0.0004
D	0.11	0.010	0.0016	0.006	0.090	10.10	1.02	0.99	7.57	0.002	0.002	0.0017
E	0.12	0.004	0.0013	0.006	0.11	10.20	1.98	1.00	8.07	0.002	0.001	0.0027
F	0.12	0.007	0.0016	0.008	0.11	10.10	1.14	1.93	8.10	0.003	0.001	0.0031
G	0.16	0.004	0.0016	0.006	0.095	10.10	1.96	1.00	8.02	0.003	0.001	0.0017
H	0.20	0.010	0.003	0.008	0.087	10.10	1.91	1.00	7.94	0.003	0.002	-----
I	0.11	0.004	0.001	0.007	0.088	10.00	1.02	1.00	6.03	0.006	0.002	0.0010
J	0.11	0.004	0.0011	0.007	0.096	9.84	1.95	0.91	5.94	0.002	0.001	0.0024

† Soluble en ácido



T A B L A

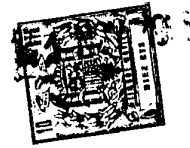
<u>Acero</u>	<u>C</u>	<u>Mn</u>	<u>P</u>	<u>S</u>	<u>Si</u>	<u>Ni</u>	
A	0.14	0.001	0.001	0.007	0.10	10.10	0
B	0.15	0.006	0.001	0.007	0.093	10.10	< 0
C	0.19	0.001	< 0.001	0.006	0.092	10.00	< 0
D	0.11	0.010	0.0016	0.006	0.090	10.10	1
E	0.12	0.004	0.0013	0.006	0.11	10.20	1
F	0.12	0.007	0.0016	0.008	0.11	10.10	1
G	0.16	0.004	0.0016	0.006	0.095	10.10	1
H	0.20	0.010	0.003	0.008	0.087	10.10	1
I	0.11	0.004	0.001	0.007	0.088	10.00	1
J	0.11	0.004	0.0011	0.007	0.096	9.84	1



I

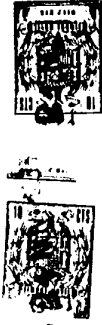
<u>Cr</u>	<u>Mo</u>	<u>Co</u>	<u>Al[†]</u>	<u>N</u>	<u>O</u>
0.98	<0.01	7.82	0.003	0.002	0.0029
<0.10	1.00	8.03	0.003	0.002	0.0012
<0.10	<0.01	7.36	0.010	0.002	0.0004
1.02	0.99	7.57	0.002	0.002	0.0017
1.98	1.00	8.07	0.002	0.001	0.0027
1.14	1.93	8.10	0.003	0.001	0.0031
1.96	1.00	8.02	0.003	0.001	0.0017
1.91	1.00	7.94	0.003	0.002	-----
1.02	1.00	6.03	0.006	0.002	0.0010
1.95	0.91	5.94	0.002	0.001	0.0024

† Soluble en ácido



Las muestras de estas composiciones se refuerzan por austenización, enfriamiento en agua y envejecimiento de un modo convencional, y sometiéndolas luego a la evaluación mecánica de

5. la propiedad. Los resultados de esta evaluación, y una comparación de estos resultados con las propiedades de las muestras tal como se enfrían, figuran en la Tabla 2.



T A B L A

I I

Absorción de energía, ranura V
Charpy, Kgm. 17.8°C
26.7°C

Ace- ro	Temperatura de envejecimiento °C	Límite elástico (0,2% remanente) kg/cm ²	Resistencia a la tensión, kg/cm ²	Alargamiento % en 25.4 mm	Reducción de superficie, %	Dureza Rc	Absorción de energía, Kgm.
A	Tal como se enfrió	11570	14706	17.0	66.3	45.5	7.5
	204	11430	14427	16.0	55.9	46.0	6.7
	316	11639	13382	16.0	68.3	44.0	7.0
	427	11709	12615	16.0	66.8	42.0	7.2
	482	10873	11291	19.0	70.2	39.0	11.3
	538	9130	9758	22.0	74.9	34.0	16.7
	593	7806	9061	24.0	76.7	30.0	21.1
	649	6900	9618	24.0	73.0	31.5	17.6
B	Tal como se enfrió	11849	15891	6.0	10.4	48.5	0.5
	204	12546	15752	5.0	9.0	48.5	0.5
	316	12964	14706	5.5	13.8	46.5	0.5
	427	13033	14358	5.0	16.2	45.5	0.5
	482	13312	14288	5.0	9.7	50.0	--
	538	14079	14567	4.0	10.5	47.0	0.5
	593	10733	10873	2.0	5.6	39.0	0.4
	649	7945	11291	9.5	11.6	37.0	0.6
C	Tal como se enfrió	11988	16240	8.0	22.8	49.5	0.8
	204	13173	15543	11.0	39.0	48.0	0.6
	316	12406	13173	12.0	50.5	44.5	0.9
	427	10106	10385	16.0	55.7	36.0	1.6
	482	8921	9270	19.5	60.1	31.0	2.7
	538	8154	8433	23.0	65.1	27.0	4.5
	593	7179	7876	28.5	66.4	25.0	7.1
	649	6063	10106	19.0	18.5	31.5	1.7
D	Tal como se enfrió	11012	14427	17.0	65.3	44.5	6.7
	204	11430	14009	17.0	66.4	45.0	6.8
	316	11918	13870	16.0	62.2	44.5	6.2
	427	11988	14149	18.0	65.2	44.5	5.6
	482	12755	13312	17.0	67.7	46.0	6.7
	538	12546	10524	16.5	70.8	44.5	7.5
	593	9548	10524	22.0	75.4	35.0	12.2

T A B L A

Ace- ro	Temperatura de envejecimiento °C	Límite elástico (0,2% remanente) kgr/cm ²	Resistencia a la tensión, kgr/cm ²	Alargamiento % en 25'4 mm	Reducc superf
A	Tal como se enfría	11570	14706	17.0	6
	204	11430	14427	16.0	6
	316	11639	13382	16.0	6
	427	11709	12615	16.0	6
	482	10873	11291	19.0	7
	538	9130	9758	22.0	7
	593	7806	9061	24.0	7
	649	6900	9618	24.0	7
B	Tal como se enfría	11849	15891	6.0	1
	204	12546	15752	5.0	
	316	12964	14706	5.5	1
	427	13033	14358	5.0	1
	482	13312	14288	5.0	
	538	14079	14567	4.0	1
	593	10733	10873	2.0	
	649	7945	11291	9.5	1
C	Tal como se enfría	11988	16240	8.0	2
	204	13173	15543	11.0	3
	316	12406	13173	12.0	5
	427	10106	10385	16.0	5
	482	8921	9270	19.5	6
	538	8154	8433	23.0	6
	593	7179	7876	28.5	6
	649	6063	10106	19.0	1
D	Tal como se enfría	11012	14427	17.0	6
	204	11430	14009	17.0	6
	316	11918	13870	16.0	6
	427	11988	14149	18.0	6
	482	12755	13312	17.0	6
	538	12546	10524	16.5	7
	593	9548	10524	22.0	7



I I

Reducción de superficie, %	Dureza R _C	Absorción de energía, ranura V Charpy, kgm.	
		26°7°C	17°8°C
66.3	45.5	7.5	6.4
65.9	46.0	6.7	7.1
68.3	44.0	7.0	6.7
66.8	42.0	7.2	5.6
70.2	39.0	11.3	8.7
74.9	34.0	16.7	16.7
76.7	30.0	21.1	19.0
73.0	31.5	17.6	17.5
10.4	48.5	0.5	0.5
9.0	48.5	0.5	0.5
13.8	46.5	0.5	0.5
16.2	45.5	0.5	0.5
9.7	50.0	--	--
10.5	47.0	0.5	0.4
5.6	39.0	0.4	0.2
11.6	37.0	0.6	0.6
22.8	49.5	0.8	0.6
39.0	48.0	0.6	0.6
50.5	44.5	0.9	0.4
55.7	36.0	1.6	1.2
60.1	31.0	2.7	2.0
65.1	27.0	4.5	3.5
66.4	25.0	7.1	6.0
18.5	31.5	1.7	1.4
65.3	44.5	6.7	6.3
66.4	45.0	6.8	6.8
62.2	44.5	6.2	5.9
65.2	44.5	5.6	5.2
67.7	46.0	6.7	6.6
70.8	44.5	7.5	8.1
75.4	35.0	16.3	14.9



T A B L A

I I (continuación)

Ace- ro	Temperatura de envejecimiento °C	Límite elástico (0.2% remanente) kgr/cm ²	Resistencia a la tensión, kgr/cm ²	Alargamiento % en 25.4 mm
E	Tal como se enfrió	11012	14497	16.0
	204	10803	13800	16.0
	316	11082	13452	16.0
	427	11918	14218	17.0
	482	12824	14427	16.0
	538	11988	12615	18.0
	593	9339	10365	22.0
	649	7318	10315	21.0
F	Tal como se enfrió	12336	15891	14.0
	204	13521	15821	15.0
	316	13591	15473	14.5
	427	14358	15961	14.0
	482	14427	15543	16.0
	538	12964	13243	16.0
	593	9200	10594	21.0
	649	7945	10385	20.0
G	Tal como se enfrió	12824	16449	15.0
	204	12267	15612	16.0
	316	12336	14915	16.0
	427	12824	15543	17.0
	482	14149	15822	16.0
	538	12894	13312	17.5
	593	9897	11221	22.0
	649	8364	11012	21.0

Reducción de superficie, %

Dureza Rc

Absorción de energía, ranura V Charpy, kgn.

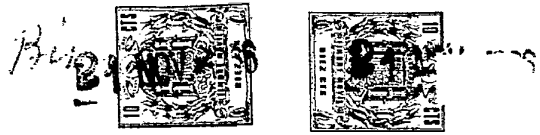
2675C

1785C

65.9	45.5	7.5	7.8
67.9	45.0	8.6	9.3
67.8	49.0	8.1	8.2
66.5	46.0	6.8	6.2
67.7	47.0.	7.8	8.1
71.7	41.5	11.7	11.8
75.2	35.5	16.4	16.8
74.4	33.5	17.5	17.4
55.2	49.0	2.9	2.9
58.6	47.0	3.2	3.2
56.8	47.5	2.8	2.7
56.4	48.0	2.8	2.7
59.6	48.5	2.8	2.5
61.0	43.0	3.6	3.2
69.1	35.0	7.2	6.4
68.8	34.0	9.5	8.9
64.3	50.0	4.0	5.5
65.6	47.0	5.8	5.4
65.0	47.0	4.7	4.7
65.3	48.0	4.3	4.4
66.9	49.0	5.4	4.9
71.1	45.0	8.5	8.3
74.6	38.0	14.0	14.1
73.0	36.0	14.7	14.0

T A B L A

Ace- ro	Temperatura de envejecimiento °C	Límite elástico (0,2% remanente) kgr/cm ²	Resistencia a la tensión, kgr/ cm ²	Alargamiento % en 25'4 mm	Reduc super
E	Tal como se enfría	11012	14497	16.0	6
	204	10803	13800	16.0	6
	316	11082	13452	16.0	6
	427	11918	14218	17.0	6
	482	12824	14427	16.0	6
	538	11988	12615	18.0	7
	593	9339	10385	22.0	7
	649	7318	10315	21.0	7
F	Tal como se enfría	12336	15891	14.0	5
	204	13521	15821	15.0	5
	316	13591	15473	14.5	5
	427	14358	15961	14.0	5
	482	14427	15543	16.0	5
	538	12964	13243	16.0	6
	593	9200	10594	21.0	6
	649	7945	10385	20.0	6
G	Tal como se enfría	12824	16449	15.0	6
	204	12267	15612	16.0	6
	316	12336	14915	16.0	6
	427	12824	15543	17.0	6
	482	14149	15822	16.0	6
	538	12894	13312	17.5	7
	593	9897	11221	22.0	7
	649	8364	11012	21.0	7



I I (continuación)

Absorción de energía, ranura V Charpy, kgm.

Reducción de superficie, %	Dureza Rc	Absorción de energía, ranura V Charpy, kgm.	
		26'7°C	17'8°C
65.9	45'5	7.5	7.8
67.9	45.0	8.6	9.3
67.8	49.0	8.1	8.2
66.5	46.0	6.8	6.2
67.7	47.0.	7.8	8.1
71.7	41.5	11.7	11.8
75.2	35.5	16.4	16.8
74.4	33.5	17.5	17.4
55.2	48.0	2.9	2.9
58.6	47.0	3.2	3.2
56.8	47.5	2.8	2.7
56.4	48.0	2.8	2.7
59.6	48.5	2.8	2.5
61.0	43.0	3.6	3.2
69.1	35.0	7.2	6.4
68.8	34.0	9.5	8.9
64.3	50.0	4.0	5.5
65.6	47.0	5.8	5.4
65.0	47.0	4.7	4.7
65.3	48.0	4.3	4.4
66.9	49.0	5.4	4.9
71.1	45.0	8.5	8.3
74.6	38.0	14.0	14.1
73.0	36.0	14.7	14.0

T A B L A

Acero	Temperatura de envejecimiento °C	Límite elástico (0,2% remanente) kgr/cm ²	Resistencia a la tensión, kgr/cm ²	Alargamiento % en 25'4 mm
H	Tal como se enfria	13870	18331	14.5
	204	13245	16867	14.0
	316	---	---	---
	427	13870	16937	15.0
	482	14885	17494	16.0
	538	12894	14079	16.0
	593	9548	11779	20.5
	649	8294	11500	21.0
I	Tal como se enfria	11500	14766	16.0
	204	11988	14358	15.0
	316	12058	14009	16.0
	427	12336	13940	16.0
	482	12615	13870	16.0
	538	12336	13173	18.0
	593	9409	10385	22.0
	649	7806	10803	22.0
J	Tal como se enfria	10664	13940	16.0
	204	10524	13245	17.0
	316	10664	12964	17.0
	427	11221	13312	18.0
	482	11918	13521	18.0
	538	11361	12058	20.0
	593	8782	10106	22.0
	649	7527	10106	21.0

Muestras en planchas de 12'7 mm de grueso austinitizadas a 816°C durante 1 hora y enfriadas en agua; a continuación envejecidas durante 5 horas a la temperatura indicada y enfriadas en agua.



I I (continuación)

Reducción de superficie, %	Dureza RC	Absorción de energía, ranura V Charpy, kgrm.	1718°C
56.4	51.0	2.7	2.4
58.7	50.0	3.2	3.2
---	---	---	---
57.3	50.5	2.7	2.1
59.1	51.5	2.9	2.7
67.4	44.0	5.8	5.1
69.6	39.5	9.7	8.9
70.3	37.0	9.7	9.3
65.6	46.5	6.7	6.6
67.4	46.0	7.2	7.0
66.5	45.0	6.3	5.8
65.7	46.0	6.2	5.9
68.2	46.0	7.8	7.1
72.3	44.5	9.1	9.4
77.1	36.0	16.3	15.3
71.6	36.0	14.7	14.3
67.2	44.0	8.7	9.1
67.9	43.0	9.9	10.1
67.5	42.0	9.3	9.1
68.2	44.0	8.7	8.2
68.7	44.0	9.9	9.8
72.2	40.0	12.9	13.2
77.0	33.0	19.1	19.3
74.6	34.0	18.7	19.8

T A B L A

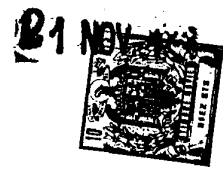
Acero	Temperatura de envejecimiento °C	Límite elástico (0,2% remanente) kgr/cm ²	Resistencia a la tensión, kgr/cm ²	Alargamiento % en 25'4 mm	Re su
H	Tal como se enfría	13870	18331	14.5	
	204	13243	16867	14.0	
	316	---	---	---	
	427	13870	16937	15.0	
	482	14985	17494	16.0	
	538	12894	14079	16.0	
	593	9548	11779	20.5	
	649	8294	11500	21.0	
I	Tal como se enfría	11500	14766	16.0	
	204	11988	14358	15.0	
	316	12058	14009	16.0	
	427	12336	13940	16.0	
	482	12615	13870	16.0	
	538	12336	13173	18.0	
	593	9409	10385	22.0	
	649	7806	10803	22.0	
J	Tal como se enfría	10664	13940	16.0	
	204	10524	13243	17.0	
	316	10664	12964	17.0	
	427	11221	13312	18.0	
	482	11918	13521	18.0	
	538	11361	12058	20.0	
	593	8782	10106	22.0	
	649	7527	10106	21.0	

Muestras en planchas de 12'7 mm de grueso austinitizadas a 816°C durante 1 hora y enfriadas en agua; a continuación envejecidas durante 5 horas a la temperatura indicada y enfriadas en agua.



I I (continuación)

Reducción de superficie, %	Dureza Rc	Absorción de energía, ranura V Charpy, kgm.	
		26'7°C	17'8°C
56.4	51.0	2.7	2.4
58.7	50.0	3.2	3.2
--	--	--	--
57.3	50.5	2.7	2.1
59.1	51.5	2.9	2.7
67.4	44.0	5.8	5.1
69.6	39.5	9.7	8.9
70.3	37.0	9.7	9.3
65.6	46.5	6.7	6.6
67.4	46.0	7.2	7.0
66.5	45.0	6.3	5.8
65.7	46.0	6.2	5.9
68.2	46.0	7.8	7.1
72.3	44.5	9.1	9.4
77.1	36.0	16.3	15.3
71.6	36.0	14.7	14.3
67.2	44.0	8.7	9.1
67.9	43.0	9.9	10.1
67.5	42.0	9.3	9.1
68.2	44.0	8.7	8.2
68.7	44.0	9.9	9.8
72.2	40.0	12.9	13.2
77.0	33.0	19.1	19.3
74.6	34.0	18.7	19.8



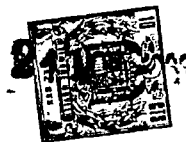
Los resultados indicados en la Tabla 2 muestran que el cromo y el molibdeno son ambos necesarios en los aceros de contenido elevado de níquel-cobalto, para obtener buena tenacidad en la ranura (Ejemplos

5. A, B, C y D) y que los cambios en el contenido de cromo entre los límites de 1 a 2% tienen poco efecto sobre el límite elástico y la tenacidad en la ranura de estos aceros, excepto que a resistencias equivalentes, el acero con 2% de cromo y 1% de molibdeno acusaba una absorción de energía en la ranura V de Charpy a $-17,8^{\circ}\text{C}$, alrededor de 1'35 kgm superior (Ejemplos D y E).

Se ha observado también que el límite elástico en la temperatura máxima de envejecimiento de 482°C aumentaba desde 7248 a 14149 kgr/cm² cuando el carbón

15. pasaba de 0,12 a 0,2%, y la tenacidad de la ranura descendía progresivamente desde alrededor de 8'1 kgm (ranura V Charpy) para la muestra de 0,12% de carbón a 2'7 kgm aproximadamente en las muestras de 0,2% de carbón (muestras E, G y H). Los cambios en el contenido de cobalto desde 6 a 8% tienen poco efecto sobre la resistencia y tenacidad del acero de elevado contenido de níquel-cromo-molibdeno (muestras D e I), pero los aceros con 8% de cobalto son superiores a los aceros con 6% de este metal y 2% de cromo (muestras E y J).

25. Una característica excepcional de los aceros de este invento, es el modo en que la tenacidad de la ranura o muesca empieza a crecer a las temperaturas de envejecimiento por debajo de aquellas en las que el límite elástico llega a su máximo. Esto es contrario al
30. comportamiento de los aceros convencionales enfriados



- y templados y constituye una evidencia indirecta de que el mecanismo de refuerzo descrito en estos aceros, es diferente del implicado en los aceros convencionales enfriados y templados. La tenacidad creciente a
5. temperaturas de envejecimiento de 482 a 538°C hace posible obtener combinaciones mejores aún de resistencia y tenacidad.

- De los datos de la Tabla 2, resulta evidente que se presenta un máximo energético de envejecimiento a
10. una temperatura del mismo de 482°C. Esta es la temperatura óptima de envejecimiento para aceros maragin, y proporciona por tanto la evidencia indirecta de que el mecanismo de refuerzo que actúa en los aceros a que este invento se refiere, es análogo a los que se realizan
15. también en los aceros maragin. Se observa también que en la temperatura superior de envejecimiento, el aumento en la resistencia realizado desde un aumento en contenido de carbón, de 0,16 a 0,20%, es inferior al aumento de resistencia conseguido por un aumento de carbón de
20. 0,12 a 0,16%. Esto indica que el contenido óptimo de carbón no es superior a 0,16% C.

- También resulta evidente de la Tabla 2, que los aceros de acuerdo con este invento pueden llegar a una tenacidad de muesca o ranura de alrededor de 13'5
25. kgm. (energía de la ranura V de Charpy a -17,8°C) para un límite elástico de 11152 kgr/cm² y superior a 8'1 kgm para un límite elástico superior a 12546 kgr/cm².
- Estos niveles de tenacidad de la muesca, son apreciablemente superiores a los obtenidos en aceros enfriados y
30. templados, principalmente por precipitación de carburos.



Tiene importancia considerable, desde luego, el descubrimiento de que es necesario mantener controlados los contenidos de níquel y de cobalto para proporcionar un acero con relaciones de límite de elasticidad/tenacidad superiores a los aceros convencionales de elevada resistencia. Como antes se indicó, los estudios de investigadores anteriores, compilados por el Laboratorio de Investigación Naval, han establecido una curva límite para los aceros de límite elástico elevado. Esta curva se

- 5. reproduce en el dibujo adjunto, y muestra el límite superior citado de la resistencia y tenacidad de los aceros convencionales, del orden de 11849 a 13240 kgr/cm². Se representa también en el dibujo, el límite elástico y la tenacidad de la muestra de cada una de cinco composiciones que
- 10. se diferenciaban sólomente en los contenidos de níquel y cobalto. Las composiciones de estas muestras se indican en la Tabla 3.
- 15.

T A B L A III

<u>Acero</u>	<u>Ni</u>	<u>Co</u>	<u>C</u>	<u>Mn</u>	<u>P</u>	<u>S</u>	<u>Si</u>	<u>Cr</u>	<u>Mo</u>	<u>Al</u>
L	12.0	8.0	.12	<0.02	0.01	0.005	0.10	2.00	1.00	.003
M	10.	8.0	.12	0.02	0.01	0.005	0.10	2.00	1.00	.003
N	9.0	8.0	.12	0.02	0.01	0.005	0.10	2.00	1.00	.003
P	10.0	10.0	.12	0.02	0.01	0.005	0.10	2.00	1.00	.003
R	10.0	5.0	.12	0.02	0.01	0.005	0.10	2.00	1.00	.003

- 25. Como puede verse en el dibujo, los aceros que contienen 9% de níquel con 8% de cobalto (muestra N) y los aceros que contienen 10% de níquel y sólomente 5% de cobalto (muestra R) tenían una relación de resistencia a la tenacidad inferior a la curva de límite superior,
- 30. para aceros convencionales de elevado límite elástico. En



contraste, los aceros en los que el níquel se mantenía por encima de 9,5% y el cobalto en 6% ó más, tienen un límite elástico y una tenacidad superior a la curva límite máxima (muestra L, M y P).

5. Se cree que es necesario por lo menos el 9,5% de níquel, para proporcionarlo en cantidad suficiente con objeto de que se presente el refuerzo mediante la precipitación de compuestos níquel-molibdeno (Ni_2Mo). Se ha comprobado también que los contenidos de cromo en cantidades de 1 a 2% son convenientes en estas aleaciones para obtener una elevada tenacidad en las muestras, a límites de elasticidad elevados, y que los contenidos de molibdeno del 2% son superiores al nivel óptimo para una buena tenacidad en la muesca, en aceros de este tipo.
10. Como es sabido, las propiedades de los metales pueden mejorarse generalmente acudiendo a prácticas metalúrgicas que incluyen el trabajo en caliente y en frío y varios tratamientos térmicos. Así, las formas forjadas de acero tienen clásicamente las mejores propiedades. Resulta por tanto bastante sorprendente el descubrir que el metal de soldadura de las composiciones de acero dentro de los límites de este invento, poseen propiedades tan buenas o mejores que las muestras forjadas. La soldadura implica la coalescencia del metal que se mezcla por aplicación local de calor, por cuyo medio se funden juntos un metal de base y un metal de carga. Se ha comprobado que el metal de soldadura de las composiciones de acero de acuerdo con este invento, que contiene por lo menos 9,5% de níquel, con preferencia de 9,5 a 12% de níquel, como mínimo 6% de cobalto, preferentemente de 6 a 10% de cobalto, 0,5 a 3%
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.



de cromo, 0,7 a 1,5% de molibdeno, 0,06 a 0,10% de carbono y el resto prácticamente hierro, puede prepararse de tal modo que tenga límites elásticos superiores a 11152 kgr/cm² y tenacidades de la muesca, de 9'45 kgm o

- 5. superiores (absorción de energía de la muesca en V de Charpy a -17,8°C). El metal de soldadura puede contener pequeñas cantidades, por ejemplo hasta alrededor de 0,7% en total, de otros elementos tales como manganeso, silicio y aluminio (el último hasta alrededor de 0,025%) para desempeñar sus funciones comunes, y cantidades residuales de fósforo y azufre. Una composición de metal de soldadura preferida, consiste esencialmente en 9,5 a 10% de níquel, aproximadamente, de 6 a 8% aproximadamente de cobalto, de 0,1 a 0,16% de carbono, de 1 a 2% de cromo
- 10. aproximadamente, de 0,7 a 1,25% de molibdeno y el resto prácticamente hierro.
- 15.

Los ejemplos siguientes aclaran las soldaduras perfeccionadas para este invento. Se prepararon metales de soldadura de cada una de las cuatro composiciones indicadas en la Tabla 4,

T A B L A IV

Tipo	C	Mn	P	S	Si	Ni	Co	Cr	Mo	Al
W	0.10	0.010	0.002	0.006	0.09	10.1	8.25	1.02	1.01	0.002
X	0.15	0.005	0.001	0.007	0.11	10.0	6.10	2.02	1.03	0.002
Y	0.11	0.004	0.001	0.006	0.11	10.2	7.81	2.02	1.01	0.002
Z	0.13	0.004	0.001	0.006	0.09	10.0	6.11	1.02	1.04	0.001



T A B L A

V

Acero	Tratamiento térmico después de la soldadura	Límite elástico (0,2% re-manente) kg/cm ²	Resistencia a la tensión, kg/cm ²	Alargamiento en 25'4 mm%	Reducción de superficie %	Absorción energía mues-ca V Charpy, Km. +267ºG -1718ºG
W	Ninguno (sin envejecer)	11849	13800	16.0	50	8.2
	Placa cilíndrica, austenizada y enfriada	11012	14427	17.0	65.3	6.7
W	482ºC/5 horas	12127	13940	18.0	68	7.1
	Placa cilíndrica, austenizada, enfriada y envejecida a 482ºC/5 horas	12755	14149	17.0	67.7	6.6
X	482ºC/5 horas	13033	15543	18.0	66	8.7
	Placa cilíndrica, austenizada, enfriada y envejecida a 482ºC/5 horas	13382	15124	17.0	66.6	5.5
Y	Ninguno (sin envejecer)	11988	14358	18.0	67	11.7
	Placa cilíndrica, austenizada y enfriada	11012	14497	16.0	65.9	7.5
Y	482ºC/5 horas	1352	14567	18.5	69	12.5
	Placa cilíndrica, austenizada, enfriada y envejecida a 482ºC/5 horas	12824	14427	16.0	67.7	7.8
Z	482ºC/5 horas	13175	14915	18.0	67	9.8
	Placa cilíndrica, austenizada, enfriada y envejecida a 482ºC/5 horas	12406	14009	18.0	65.5	7.1

T A B L A

Acero	Tratamiento térmico después de la soldadura	Límite elástico (0,2% remanente) kgr/cm ²	Resistencia
W	Ninguno (sin envejecer)	11849	13800
	Placa cilindrada, austenizada y enfríada	11012	14420
W	482°C/5 horas	12127	13940
	Placa cilindrada, austenizada, enfríada y envejecida a 482°C/5 horas	12755	14140
X	482°C/5 horas	13033	15540
	Placa cilindrada, austenizada, enfríada y envejecida a 482°C/5 horas	13382	15120
Y	Ninguno (sin envejecer)	11988	14350
	Placa cilindrada, austenizada y enfríada	11012	14490
Y	482°C/5 horas	1352	14560
	Placa cilindrada, austenizada, enfríada y envejecida a 482°C/5 horas	12624	14420
Z	482°C/5 horas	13173	14910
	Placa cilindrada, austenizada, enfríada y envejecida a 482°C/5 horas	12406	14000



V

Resistencia a la tensión, kgr/cm ²	Alargamiento en 25'4 mm%	Reducción de superficie %	Absorción energía muestra V Charpy, Kgm.	
			+26'7°C	-17'8°C
13800	16.0	50	8.2	--
14427	17.0	65.3	6.7	6.3
13940	18.0	68	7.1	--
14149	17.0	67.7	6.7	6.6
15543	18.0	66	8.7	8.2
15124	17.0	66.6	5.5	5.4
14358	18.0	67	11.7	11.8
14497	16.0	65.9	7.5	7.8
14567	18.5	69	12.5	11.6
14427	16.0	67.7	7.8	8.1
14915	18.0	67	9.8	7.9
14009	18.0	65.5	7.1	6.3



El metal de soldadura de las composiciones W e Y, se ensayó en las condiciones de no envejecido y envejecido, y el metal de soldadura de las composiciones X y Z se ensayó después de envejecer a 482°C durante 5 horas. Las propiedades mecánicas figuran en la Tabla 5 y por comparación, se incluyen también las propiedades mecánicas de muestras de planchas de las mismas composiciones.

De la Tabla 5 resulta evidente que las propiedades del metal de soldadura, inesperadamente, se comparan muy favorablemente con las de las muestras de placas cilindradas. La soldadura convencional por fusión, puede producir satisfactoriamente soldaduras, y metal de soldadura con propiedades superiores. Los datos que figuran en la Tabla 5, se obtuvieron, de metal de soldadura depositando alambres macizos desnudos y soldadura en arco de tungsteno con pantalla de gas inerte.

El metal de soldadura puede utilizarse en las condiciones de recién depositado si se desea un límite elástico de tipo reducido, de 11152 a 15334 kgr/cm². Cuando se precise un límite elástico máximo, un sencillo tratamiento de envejecimiento después de la soldadura es de uso posible. El envejecimiento no es crítico y las prácticas normales de envejecimiento para el metal de base son susceptibles de uso.

Cuando han de hacerse soldaduras en placas o láminas de composiciones similares, puede también usarse un alambre de carga de la misma composición. Sin embargo si ha de soldarse un acero base distinto, entonces la combinación del alambre de carga ha de elegirse de tal



modo que después de mezclar con la base y reaccionar con la atmósfera en consideración, se produzca un metal de soldadura de la composición necesaria.

Es conveniente mantener el contenido de carbono del metal de soldadura, entre alrededor de 0,10 a

5. 0,16% para desarrollar los mejores niveles de resistencia con la pérdida mínima en la resistencia al agrietamiento y la tenacidad. El manganeso, el silicio y el aluminio han de mantenerse en los niveles inferiores compatibles con
10. la buena desoxidación de la masa de soldadura fundida, ya que el aumento de estos elementos da origen a una pérdida de tenacidad. El fósforo y el azufre han de mantenerse a bajos niveles, ya que ambos elementos reducen la tenacidad y aumentan la susceptibilidad a la fragilidad en caliente.
15. El contenido de níquel ha de ser de 9,5% como mínimo, con preferencia alrededor del 10% dado que un decrecimiento produce una pérdida en la capacidad de temple y además una reacción de endurecimiento menos potente posible de presentarse después del envejecimiento posterior o la soldadura.
20. Un aumento en níquel superior al 10% aproximadamente, acrece la tendencia a formar austenita retenida, que a su vez, disminuye la resistencia y la tenacidad; sin embargo hasta alrededor del 12% de níquel es satisfactorio. El contenido de cobalto ha de ser por lo menos del 6%, con preferencia,
25. de 6 a 8% aproximadamente, dado que el cobalto da origen a un aumento de resistencia que aumenta también la temperatura de formación de martensita, que a su vez aumenta la resistencia a la rotura de la soldadura. Sin embargo, las proporciones elevadas de cobalto, por ejemplo más del 10% dan
30. origen a una indeseable pérdida de tenacidad y de capacidad



de endurecimiento.

- Aunque los efectos no se comprenden bien, el contenido de cromo del orden de 1 a 2% parece ser beneficioso dado que la resistencia aumenta sin pérdida aparente de tenacidad. El contenido óptimo de molibdeno es de alrededor de 0,5 a 1,5%, con preferencia 1,0%; a niveles inferiores al 1%, puede presentarse una reacción insuficiente de endurecimiento por tiempo, y a niveles apreciablemente superiores a 1,5%, puede tener lugar una elevada pérdida de tenacidad.
- 5.
- 10.

En vista de lo anterior, es evidente que dentro del alcance de este invento pueden introducirse distintos cambios y que por tanto los límites de dicho invento han de limitarse solamente por las reivindicaciones adjuntas.

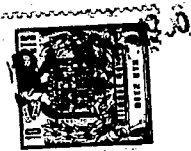
15.

N O T A

- Descrita suficientemente la naturaleza del invento, así como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental. También se hace constar que el invento corresponde a una solicitud de Patente presentada en Norteamérica con fecha y número siguientes: 29 de noviembre de 1965, Ser. No. 510.341, acciéndose por lo tanto a los beneficios que conceden los Convenios Internacionales en vigor, siendo lo que constituye la esencia del referido invento y por lo que se solicita Patente de Invención por 20 años en España sobre: "Procedimiento para obtener un acero de elevado límite elástico"; caracterizándose por lo siguiente:
- 20.
- 25.

30.

1.- Procedimiento para obtener un acero de



elevado límite elástico, adecuado como metal de base en soldadura, caracterizado porque se funden conjuntamente de un 9'5% a un 14% en peso y preferentemente hasta un 12% en peso de níquel, de un 6% a un 10% en peso de cobalto, de un 0'06% a un 0'16% en peso y con preferencia de un 0'1% a un 0'16% en peso de carbón, de un 0'7% a un 1'5% en peso de molibdeno, de un 0'5% a un 3% en peso y preferentemente de un 1% a un 2% en peso de cromo, siendo el resto hasta el 100% prácticamente hierro.

- 5.
10. 2.- Procedimiento para obtener un acero de elevado límite elástico; tal y como queda descrito sustancialmente en la presente Memoria, y dibujos adjuntos.

Esta Memoria consta de 22 hojas escritas a máquina por una sola cara.

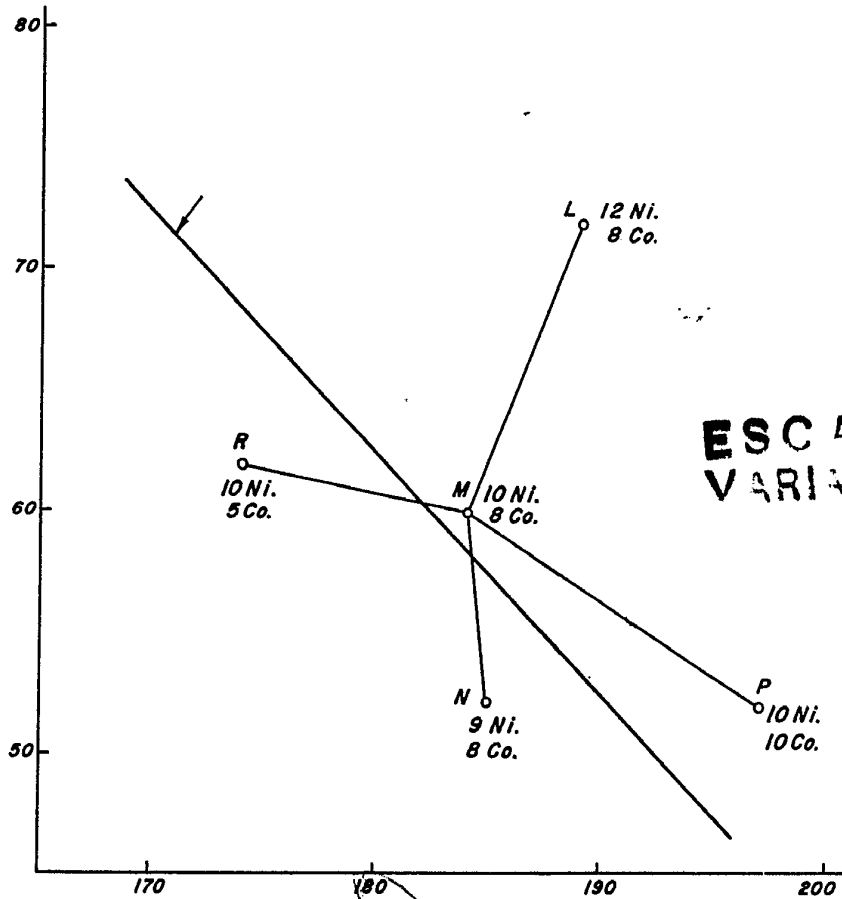
Madrid,

21 NOV. 1955

UNITED STATES STEEL CORPORATION

J. GOMEZ ACEDO Y MODEI
p. p. Firmado: F. Fernandez Ruiz

333613



ESCALA VARIABLE

21 NOV. 1966
Madrid
J. GOMEZ ACEDO Y MODER
Firmado: F. Hernández Ruiz