

411334



16

La presente invención tiene esencialmente por objeto un procedimiento de fabricación que mejora el comportamiento de las piezas soldadas de aceros refractarios a temperaturas de utilización del orden de 900°C a 1.050°C.

5.

Es sabido que para temperaturas de utilización elevadas del orden de 900 a 1.050°C se utiliza industrialmente aceros austeníticos refractarios que presentan excelentes características de resistencia a la corrosión, y principalmente a la oxidación, así como una resistencia mecánica muy buena a la deformación continua a estas temperaturas de utilización.

10.

Tales aceros refractarios son utilizados en particular en las unidades de craqueo y de reformado de diversas fracciones del petróleo que utilizan tubos de intercambio térmico constituidos por estos aceros y dispuestos a temperaturas de funcionamiento del orden de 900 a 1.050°C.

15.

Es bien sabido por otro lado que los aceros austeníticos de este tipo presentan características de soldabilidad convenientes. La soldadura de los tubos se realiza principalmente a tope utilizando un metal de aporte que se deposita en el chaflán formado entre las dos extremidades adyacentes de dos tubos que se desea soldar, encima de un cordón formando fondo de la soldadura y realizado en primer lugar sobre la pared interna de las extremidades enfrentadas de los dos tubos que se desea unir.

25.

Es por otra parte bien sabido que los aceros austeníticos de este tipo no son sometidos a tratamien-

30.

411334



tos tales como, principalmente, recocidos, que no son favorables para su ensambladura por soldadura, y que reducen considerablemente los valores de alargamiento instantáneo.

5. Cuando se utiliza tales aceros austeníticos, se tropieza con graves dificultades de empleo a causa de que las soldaduras son relativamente frágiles y son la sede de roturas prematuras en las uniones realizadas. Ello es particularmente cierto en los tubos de intercambio térmico utilizados en las unidades de craqueo o de reformado, y ello es tanto más cierto cuanto más importantes son el diámetro y el espesor de los tubos.

10. La fragilidad de las soldaduras conduce a una vida útil reducida de las piezas, ocasionando gastos elevados de reparación y asimismo de producción habida cuenta de los tiempos de inmovilización del material.

15. La fragilidad de las zonas de soldadura de las piezas de aceros refractarios para temperaturas de utilización del orden de 900 a 1.050°C queda suprimida cuando se utiliza el procedimiento de fabricación de acuerdo con la invención. Según este procedimiento, tratándose de aceros refractarios austeníticos fuertemente aleados al cromo, níquel y/o cobalto, conteniendo 20. menos del 60% de hierro y hasta el 0,5% de carbono con pequeñas concentraciones de elementos adicionales tales como manganeso y silicio principalmente, se les hace sufrir, después de la soldadura, un tratamiento térmico de 25. homogeneización a una temperatura comprendida entre 30.

411334

16



- aproximadamente 1.100°C y 1.200°C durante un tiempo que va de varios minutos a unas horas, tratamiento que va - seguido de un enfriamiento controlado. Cuando se procede de este modo, de una manera totalmente inesperada y -
5. contraria a las enseñanzas generales de la técnica, se obtiene una resistencia considerablemente más elevada - en particular a la rotura por deformación continua a -- las altas temperaturas de utilización mencionadas de -- las uniones soldadas de aleaciones refractarias (acero)
10. de las composiciones indicadas más arriba. En particular, después de este tratamiento, las soldaduras adquie ren una resistencia a la rotura al menos igual a la - - del metal de base que constituye las piezas. Ello se de be según se cree a que, cuando se aplica el procedimien
15. to de la invención, se efectua una regeneración del - - frente de solidificación de la soldadura por disolución de los carburos, nueva puesta en solución del carbono y nueva precipitación homogénea de los carburos en la zo na de refusión en el curso del enfriamiento, lo que per
20. mite en particular suprimir la discontinuidad física y química que se puede observar de otro modo en particular en el frente de solidificación de la soldadura.

Ello aparece en particular claramente cuando se examina el aspecto micrográfico presentado por el --

25. frente de solidificación con aumento superior a 10.000- es decir en microscopía electrónica. Tal examen pone en efecto de manifiesto al nivel del frente de solidifica--

30. ción una estructura micrográfica fundamentalmente diferen te de la que existía antes del tratamiento desde el pun to de vista de la distribución y orientación de los car-

411334



buros y análisis químico de estos últimos.

5. La puesta en práctica y el alcance de la invención aparecerán más claramente con ayuda de la descripción que va a seguir hecha con referencia a los dibujos anexos y dando varios ejemplos de aplicación del procedimiento de la invención.

En los dibujos anexos:

10. - La figura 1 es un esquema ilustrativo de una fase preliminar de la soldadura a tope de dos piezas de aceros refractarios;

- La figura 2 muestra las dos piezas de la figura 1 unidas por soldadura e ilustra esquemáticamente la orientación general de los cristales según la región considerada;

15. - Las figuras 3 y 4 ilustran en coordenadas logarítmicas curvas que dan la resistencia a la rotura representada en ordenadas en kg/m^2 en función de la duración representada en abscisas en horas durante la cual son sometidas las piezas a la acción de deformación continua a una temperatura elevada dada de utilización, por ejemplo del orden de 950°C , y ello para diversas partes de las piezas antes del tratamiento y después del mismo;

20. - La figura 5 ilustra una variante de soldadura de dos tubos a los que se puede aplicar el procedimiento de la invención.

30. Se hará referencia primeramente a la figura 1 en la que se ha ilustrado esquemáticamente la unión a tope de dos piezas 10, 11 de acero austenítico refractario de las características mencionadas más arriba. Es--

411334



tas piezas pueden estar constituidas por ejemplo por --
placas o por tubos. En el caso más frecuente considerado
de tubos, la pared interna de los tubos es la pared 10a,
11a mientras que la pared externa de los tubos es la pa-
5. red 10b, 11b.

Tratándose de piezas relativamente gruesas, --
la soldadura se realiza por medio de un metal de aporte-
previando un chaflán 12 de abertura dirigida hacia la --
cara externa de los tubos entre los asientos biselados -
10. 10c, 11c de dichos tubos. Los tubos se apoyan a tope por
sus talones 10d, 11d sobre el lado interno de los tubos.

Como se ha esquematizado en la figura 2, la sol-
dadura se realiza en dos tiempos.

En un primer tiempo se realiza una pasada de -
15. fondo que constituye un cordón de soldadura 13 en la re-
gión de los talones 10d, 11d. Esta pasada puede ser rea-
lizada por simple fusión de los talones 10d, 11d o con --
metal añadido de composición química muy parecida o más-
aleada.

20. Una vez formado el cordón 13, se termina la --
soldadura rellenando el chaflán 12, por pasadas sucesivas
con metal añadido, lo que forma el cordón de relleno 14.

La soldadura puede ser efectuada según cual- -
quier técnica conocida utilizada, por ejemplo manualmen-
25. te al arco, automáticamente bajo flujo o bajo gas, iner-
te, por bombardeo electrónico, por fricción, automática-
mente con o sin hilo de aporte, etc...

Sea cual fuere la solución utilizada, se com--
prueba, en servicio industrial, como en laboratorio, una
30. fragilidad muy marcada del cordón de fondo 13, la cual -

411334



es tanto más notable cuanto mayor sea el espesor del tubo. Ello se traduce en roturas prematuras y en una resistencia a la rotura por deformación continua mucho más baja que la del cordón de relleno 14.

5. Cuando aumenta el espesor a soldar y rebasa los 12 mm. aproximadamente, la velocidad de enfriamiento del metal refundido del cordón de fondo 13 es muy rápida. Además, la solidificación es dirigida (orientación general de los cristales) como se ha esquematizado en la figura 2. Dicho en otros términos, la orientación de la cristalización del cordón de fondo 13 es sensiblemente perpendicular a la de los tubos 10 y 11 y a la del cordón de relleno 14. Se observa en la parte media del cordón de fondo 13 un frente de solidificación 15 que está constituido por un cordoncillo de austenita exento de carburos. Esta discontinuidad química es la sede de roturas prematuras en servicio y de las de probetas de rotura por deformación continua, formando iniciación de las fisuraciones.

20. Este fenómeno se acentúa considerablemente cuando el espesor de las piezas a soldar rebasa los 30 mm.

25. Con el fin de retardar el enfriamiento del metal del cordón de fondo 13 después de la soldadura, se puede precalentar las piezas a soldar a una temperatura tal que no provoque ni la precipitación del carbono en solución sólida en la matriz, ni la transformación de los carburos primarios $M_7C_3 \rightarrow M_{23}C_6$. Se efectuará el precalentamiento entre 500 y 600°C; el mismo permite realizar más fácilmente la soldadura, pero no su-
- 30.

411334



prime la fragilidad en caliente del frente de solidificación 15 del cordón de fondo 13. La aplicación del procedimiento de la invención permite suprimir esta fragilidad.

5. De acuerdo con la invención, y como se ha dicho más arriba, tratándose de aceros refractarios austeníticos fuertemente aleados al cromo, al níquel y/o cobalto conteniendo menos del 60% de hierro y hasta el 0,5% de carbono con pequeñas concentraciones de elementos adicionales tales como manganeso y silicio principalmente, se les hace sufrir, después de la soldadura, un tratamiento térmico de homogeneización a una temperatura comprendida entre aproximadamente 1.100 y 1.200°C durante un tiempo que va de varios minutos a algunas horas, tratamiento que va seguido por un enfriamiento controlado.
- 10.
- 15.

La temperatura de tratamiento de homogeneización debe ser suficiente para disolver los carburos precipitados en el curso de la solidificación. El carbono así repuesto en solución sólida, se difunde y se reparte uniformemente en la matriz del metal refundido de la pasada de fondo.

20.

El tratamiento térmico así aplicado suprime la heterogeneidad química del frente de solidificación.

15.

25. La temperatura del tratamiento debe ser superior a 1.050°C, y con preferencia comprendida entre 1.100 y 1.200°C, dependiendo evidentemente de la composición química del metal añadido a la soldadura y de la del metal de base.

30. La duración de mantenimiento a la temperatura-

411334

6 FEB



de tratamiento de 1.100 a 1.200°C está comprendida entre varios minutos y unas horas, en relación con el espesor de los tubos y con el contenido de carbono de los materiales. En la práctica, es del orden de una a varias horas.

5.

Las ventajas obtenidas por aplicación del procedimiento de tratamiento térmico de homogeneización de acuerdo con la invención aparecerán más claramente con ayuda de los ejemplos que serán facilitados a continuación.

10.

EJEMPLO 1

El metal de bases es una aleación de la siguiente composición química:

C 0,41 Mn 0,97 Si 1,03 Cr 24,9 Ni 21,2;

15.

se efectua la soldadura sobre un tubo de 28 mm. de espesor que responde a la composición definida más arriba y utilizando un metal de aporte de igual composición química y efectuando la pasada de fondo (cordón de fondo 13) por simple fusión de los talones 10d, 11d.

20.

Se compara el tiempo de rotura a diferentes temperaturas de probetas de deformación continua tomadas en la soldadura:

- en la zona del cordón de relleno 14,
- en la zona de refusión o del cordón de fondo 13.

25.

Los resultados son facilitados en la tabla que sigue:

...../.....

411334

16



TABLA I

Temperatura	Toma	Tratamiento	Esfuerzo kg/mm ²	Tiempo de ro- tura, horas
950°C	Relleno (14):	bruto	1,5	1 620 h
	Cordón de fondo (13):	bruto	1,5	790 h
	Cordón de fondo (13):	1.150°C 2h	1,5	1 348 h
1.000°C	Cordón de fondo (13):	bruto	0,9	870 h
	Cordón de fondo (13):	1.150°C 2h	0,9	6 084 h
1.050°C	Cordón de fondo (13):	bruto	0,9	223 h
	Cordón de fondo (13):	1.150°C 2h	0,9	1 805 h

Las mejoras obtenidas pueden ser resumidas por la TABLA II que sigue (en la que σ_R mide el esfuerzo de deformación continua a la rotura, a la temperatura y para la duración de ensayo consideradas):

TABLA II

Toma	σ_R 950°C en Kg/mm ²			Tasa % de mejora
	10 ³ h	10 ⁴ h	10 ⁵ h	
Metal de base	2,9	1,65	0,95	
Cordón de fondo bruto	1,45	0,78	0,43	45
Cordón de fondo tratado	1,55	1,15	0,82	86
Relleno bruto	1,60	0,98	0,60	63
Relleno tratado	1,80	1,10	0,70	73

En este ejemplo la aplicación del procedimiento de la invención se traduce por consecuencia en una mejora muy sensible del comportamiento a la deformación continua del cordón de fondo 13 de la soldadura y en una ligera mejora del comportamiento a la deformación continua del cordón de relleno 14. La mejora obtenida es tanto más importante cuanto más prolongada es la duración de servicio.

- 11 - 411334



411334



Las figuras 3 y 4 traducen en curvas los resultados de las TABLAS 1 y 2 que preceden. Haciendo referencia a la figura 4, se ve que, mientras que con las piezas no tratadas utilizadas anteriormente las roturas en servicio se producían después de aproximadamente 25.000 horas, es decir 3 años, después de la utilización del procedimiento de la invención, el comportamiento de las piezas en las mismas condiciones de utilización rebasará ampliamente las 100.000 horas.

10. En efecto, los ensayos de resistencia efectuados sobre probetas demuestran, que después de la aplicación de un tratamiento térmico de homogeneización de acuerdo con la invención, las roturas en servicio no se producen ya en la soldadura, sino en el metal de base, -
15. pues las soldaduras no constituyen ya entonces los puntos débiles de las uniones.

EJEMPLO 2

El metal de base es una aleación de la siguiente composición:

20. C 0,39 Mn 0,92 Si 0,94 Cr 23,2 Ni 34,5 Nb 0,71

El espesor del tubo y las condiciones de soldadura son idénticos a los del EJEMPLO 1. Los ensayos de rotura por deformación continua son efectuados a 950°C.- Los resultados de los ensayos son ilustrados en la TABLA

25. III que sigue:

...../.....

411334



TABLA III

Toma	Tratamiento	Esfuerzo	Tiempo de rotura
Relleno	Bruto	2	8 507 h
Cordón de fondo	Bruto	2	4 466 h
Cordón de fondo	1.150°C 2h	2	8 980 h
Cordón de fondo	bruto	1,5	8 652 h
Cordón de fondo	1.150°C 2h	1,5	64 940 h

411334,6



5. Haciendo referencia a la figura 5 se ha ilustrado la soldadura por bombardeo electrónico a tope de dos tubos 16, 17 sin metal de aporte. En este caso, antes de la aplicación del procedimiento de la invención, el frente de solidificación 18 atraviesa todo el espesor del tubo. Es ésta, por otra parte, la razón por la que este modo de soldadura no era realizado hasta la presente ya que las soldaduras eran muy frágiles para estas aleaciones -- refractarias consideradas.

10. Por el contrario, cuando se aplica el procedimiento de la invención, se mejora por las razones dadas -- más arriba, la resistencia a la deformación continua y a los choques térmicos de dichas soldaduras.

15. Es de resaltar que para este modo de soldadura, se puede utilizar el cañón de bombardeo electrónico, después de la soldadura, para efectuar el tratamiento térmico de homogeneización de la invención.

El ejemplo 3 que sigue ilustra los resultados -- obtenidos.

20. EJEMPLO 3

Se trata de tubos de 17,5 mm. de espesor soldados por bombardeo electrónico. El frente de solidificación producido por el enfriamiento rápido es, en este caso, continuo en todo el espesor de la soldadura, es decir que el mismo atraviesa todo el espesor del tubo.

25. El metal de base tenía la siguiente composición química:

C 0,42 Mn 0,89 Si 0,91 Cr 25,1 Ni 21,4.

30. Los ensayos de deformación continua realizados -- quedan resumidos en la TABLA IV que sigue:

411334

16



TABLA IV

σ_R 950°C medio	SOLDADURA	
	Metal de base	bruto 1.150°C 2h
1 000	2,5	2,2
10 000	1,4	1,4
25 000	1,1	1,1

411334



Aquí la mejora del cordón de soldadura 18 es - del mismo orden que en los dos ejemplos precedentes, para los cordones de fondo 13.

5. De un modo práctico, el tratamiento térmico de homogeneización de la invención será conducido de cualquier modo apropiado.

El mismo podrá afectar únicamente a la región de soldadura de las piezas, o eventualmente a toda la pieza.

10. A título de ejemplo de conducción de un tratamiento térmico de acuerdo con la invención, tratándose de un tubo grueso de por ejemplo 2,5 mm. de espesor, y partiendo de la temperatura ambiente, se efectuará el calentamiento del tubo hasta la temperatura de tratamiento de 1.150°C adoptando una elevación de temperatura de 300°C por hora. Se efectuará a continuación un mantenimiento a 1.150°C durante 2 horas. Después de ello se enfriará hasta 800°C adoptando un descenso de temperatura de 100°C por hora. El enfriamiento ulterior se hará al aire.

20. Entre otras aleaciones austeníticas que pueden ser utilizadas se citará a título de ejemplos no limitativos las siguientes:

25. Acero A.S.T.M. calidad HK, es decir, comprendiendo principalmente 25% de cromo y 20% de níquel.

ASTM calidad HT o HU, es decir comprendiendo 15% de cromo y 35% de níquel.

ASTM calidad HX, es decir comprendiendo 15% de cromo y 65% de níquel.

30. MANAURITE 36 X comprendiendo 35% de níquel, --

411334



25% de cromo y niobio,

aleaciones a base de níquel, cromo, cobalto y tungsteno, conocidas en el comercio bajo los nombres

22 H, super 22 H Blaw-Knox y Supertherm Abex

5. aleaciones conocidas bajo el nombre de Incoloy 800 y 802, a base de níquel, cromo, aluminio, titanio.

Evidentemente, la invención no está limitada -- en manera alguna a los modos de puesta en práctica descritos ni a los ejemplos que no han sido facilitados más que a título ilustrativo, comprendiendo la invención todos -- 10. los equivalentes técnicos de los medios descritos así como sus combinaciones si las mismas son realizadas según su espíritu y puestas en práctica dentro del marco de las reivindicaciones que siguen.

15. N O T A

La Patente de Invención que se solicita por -- veinte años, para España, de acuerdo con la vigente Legislación, deberá recaer sobre: "PROCEDIMIENTO DE FABRICACION PARA MEJORAR EL COMPORTAMIENTO DE LAS PIEZAS SOLDADAS DE ACEROS REFRACTARIOS", con Prioridad de la Solicitud 20. de Patente en Francia número 72 44 814 de fecha 15 de Diciembre de 1.972, según las características esenciales de las siguientes:

R E I V I N D I C A C I O N E S

25. 1ª.- Procedimiento de fabricación para mejorar el comportamiento de las piezas soldadas de aceros refractarios, a temperaturas de utilización del orden de 900 a 1.050°C caracterizado porque, tratándose de aceros refractarios austeníticos fuertemente aleados al cromo, níquel- 30. y/o cobalto conteniendo menos del 60% de hierro y hasta --

ME

411334



5. el 0,5% de carbono con pequeñas concentraciones de elementos adicionales tales como manganeso y silicio principalmente, se les hace sufrir, después de la soldadura, un tratamiento térmico de homogeneización a una temperatura comprendida entre aproximadamente 1.100°C y 1.200°C durante un tiempo que va de varios minutos a unas horas, tratamiento que va seguido de un enfriamiento controlado.

10. 2ª.- Procedimiento de fabricación para mejorar el comportamiento de las piezas soldadas de aceros refractarios, según la reivindicación 1ª, caracterizado porque los aceros refractarios contienen además molibdeno, tungsteno y/o niobio.

15. 3ª.- Procedimiento de fabricación para mejorar el comportamiento de las piezas soldadas de aceros refractarios, según las reivindicaciones 1ª ó 2ª, caracterizado porque los aceros refractarios contienen al menos 40% en peso aproximadamente de cromo y níquel combinados.

20. 4ª.- Procedimiento de fabricación para mejorar el comportamiento de las piezas soldadas de aceros refractarios, según una de las reivindicaciones precedentes, -- caracterizado porque el contenido de carbono es del orden del 0,4%.

25. 5ª.- Procedimiento de fabricación para mejorar el comportamiento de las piezas soldadas de aceros refractarios, según una de las reivindicaciones precedentes, -- caracterizado porque antes de la soldadura, como es en sí conocido, se efectúa un precalentamiento del metal de base a temperaturas del orden de 500 a 600°C.

30. 6ª.- Procedimiento de fabricación para mejorar-

mfe

411334



5. el comportamiento de las piezas soldadas de aceros refrac-
tarios, según una de las reivindicaciones precedentes, --
caracterizado porque se aplica el mismo a las piezas en -
forma de tubos sobre los que se efectua la soldadura a to-
pe utilizando un metal de aporte que es vertido en el cha-
flán formado entre las dos extremidades de los tubos por-
encima del cordón de soldadura de la pasada de fondo.

10. 7a.- Procedimiento de fabricación para mejorar-
el comportamiento de las piezas soldadas de aceros refrac-
tarios, según una de las reivindicaciones precedentes, --
caracterizado porque se conduce el tratamiento de homoge-
neización durante un tiempo del orden de una a varias - -
horas.

15. 8a.- "PROCEDIMIENTO DE FABRICACION PARA MEJORAR
EL COMPORTAMIENTO DE LAS PIEZAS SOLDADAS DE ACEROS REFRAC-
TARIOS".

20. Según queda sustancialmente descrito en la pre-
sente Memoria Descriptiva, que consta de diecinueve hojas,
escritas a máquina por una sola cara y acompañada de dibu-
jos.

Madrid, 6 FEB. 1973

SOCIETE DES ACIERIES DU MANOIR-POMPEY

P.P. FRANCISCO GARCIA CABRERIZO
P. P.

Firmado: M. Dolores Jorquera

CFE

411334



Fig. 1.

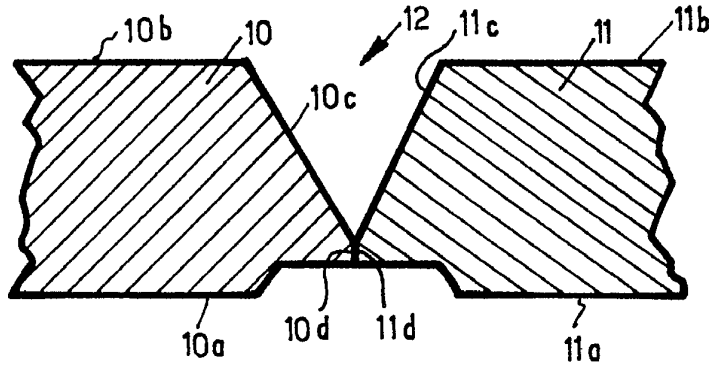


Fig. 5.

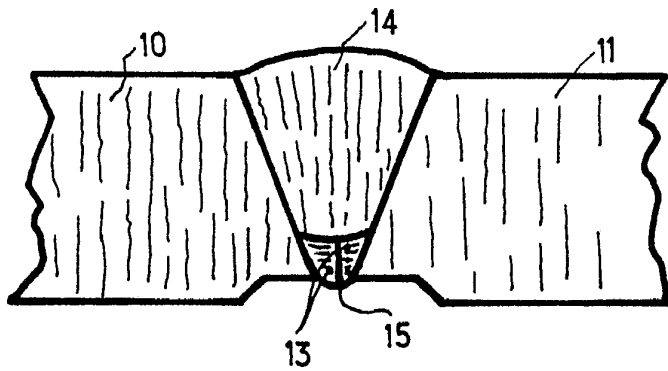
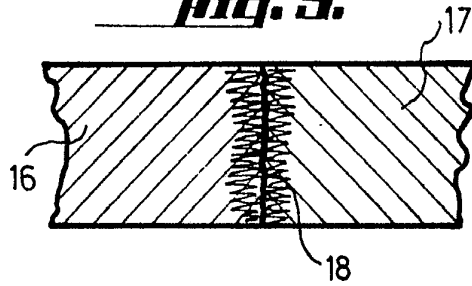


Fig. 2.

Madrid 6 FEB. 1973
SOCIETE DES ACIERIES DU MANOIR-POMPEY
P. P. FRANCISCO GARCIA CABRERIZO
P. P.

Firmado: M.ª Feixeres Jorquera

Escala variable

411334

411334

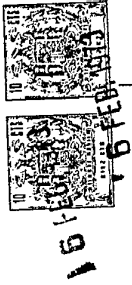
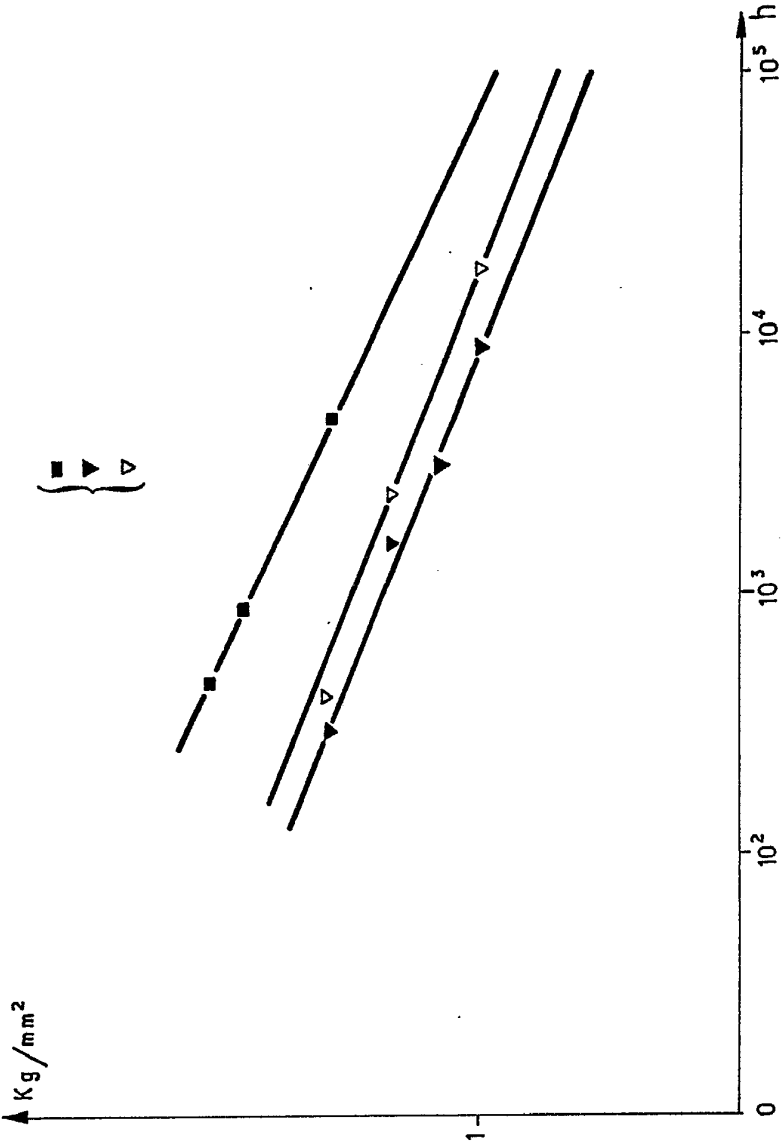


Fig. 3.



16 FEB. 1973

Manoir
SOCIETE DES ACIERIES DU MANOIR-POMPEY
P. P.

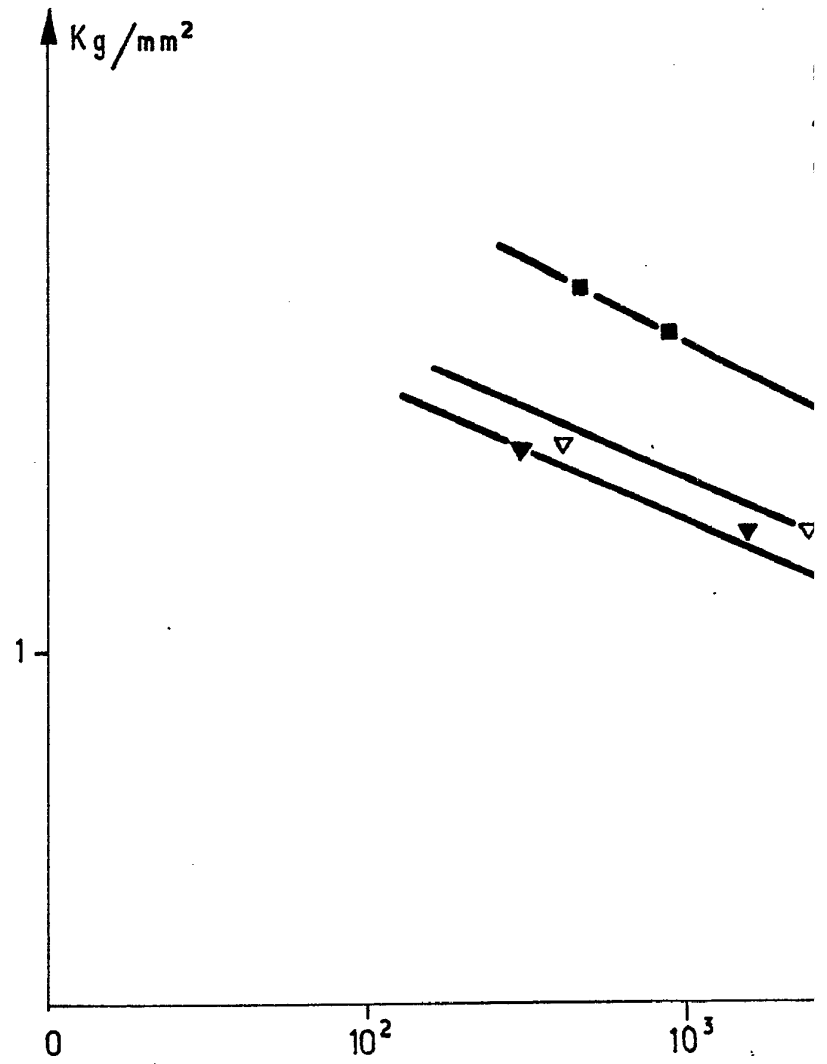
FRANCISCO GARCIA CABRENZO

F. P.
Firmado y sellado
Firmado y sellado

Escala variable

411334

Fig.



Escala variable

411334



Fig. 3.

■
▼
▽



Madrid | 6 FEB. 1973
SOCIETE DES ACIERIES DU MANDIR-POMPEY
P.P.

FRANCISCO GARCIA CABREKIZO
P.P.

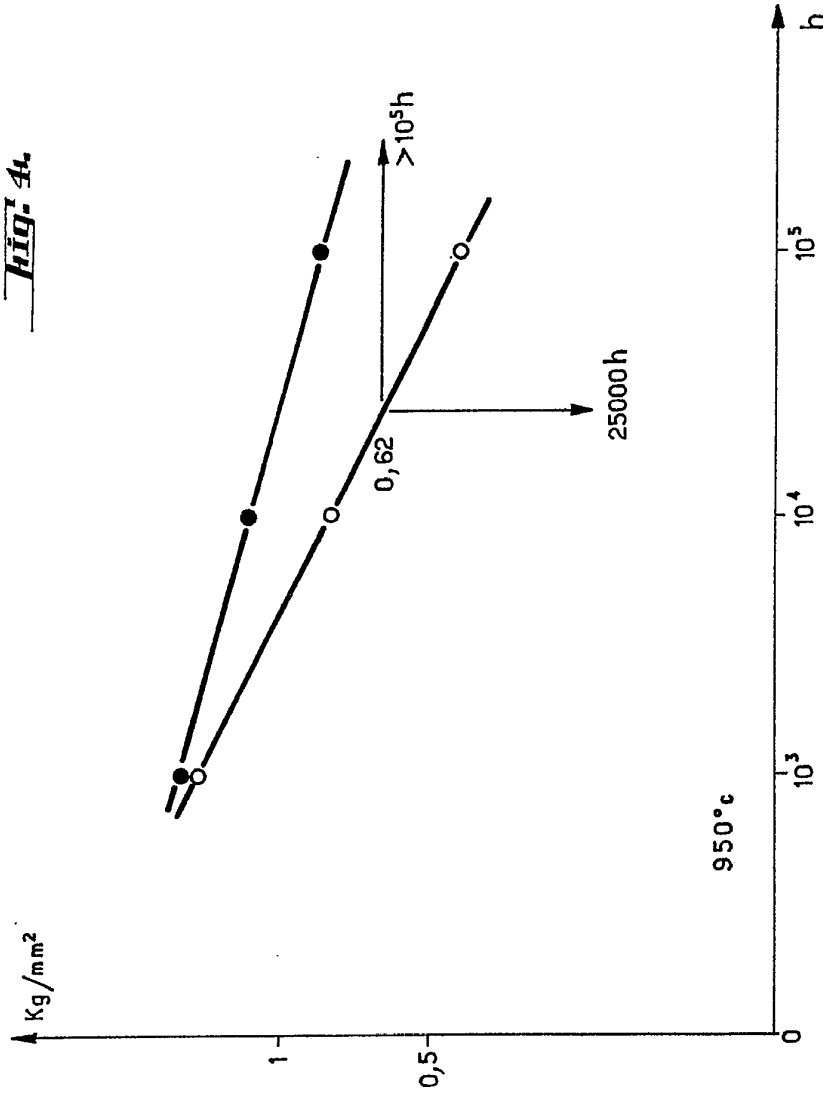
Firmado M.^c Dolores Corquera

411334

411334



Fig. 4.



16 FEB. 1973

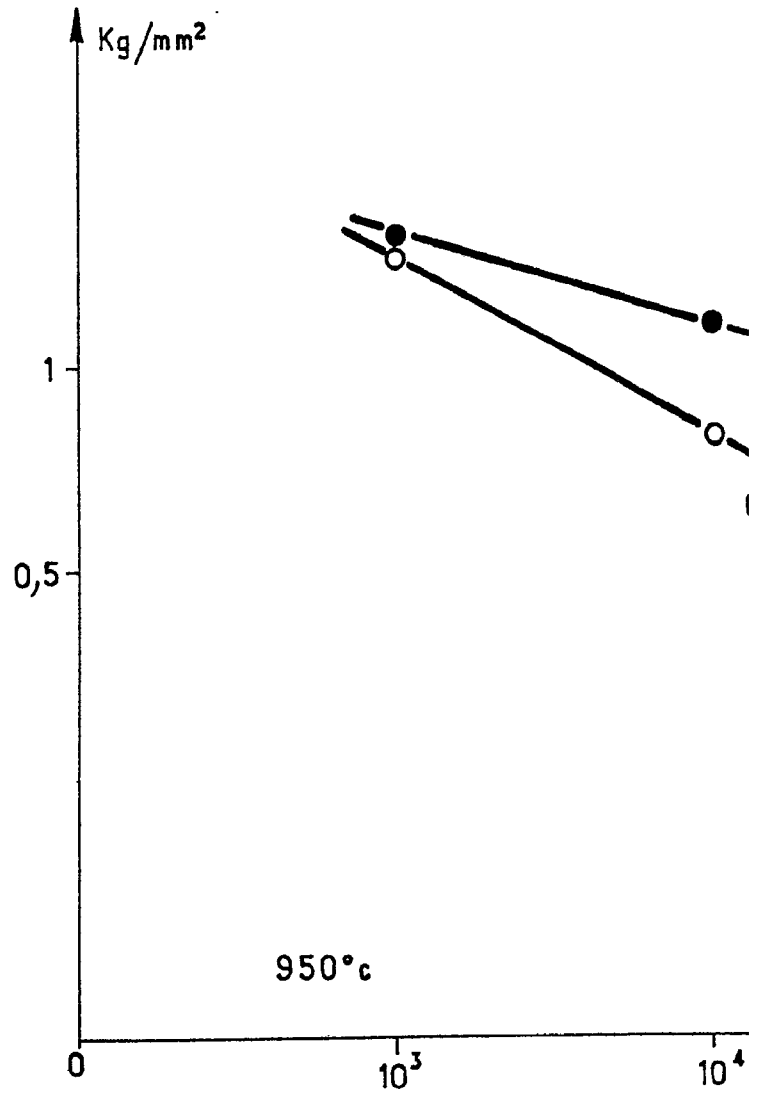
Madrid,
SOCIETE DES ACIERIES DU MANDIR-POMPEY
P. P.

FRANCISCO GARCIA CABRERO
F. P.

[Signature]
Firmas: Botetiss Jorquera

Escala variable

411334



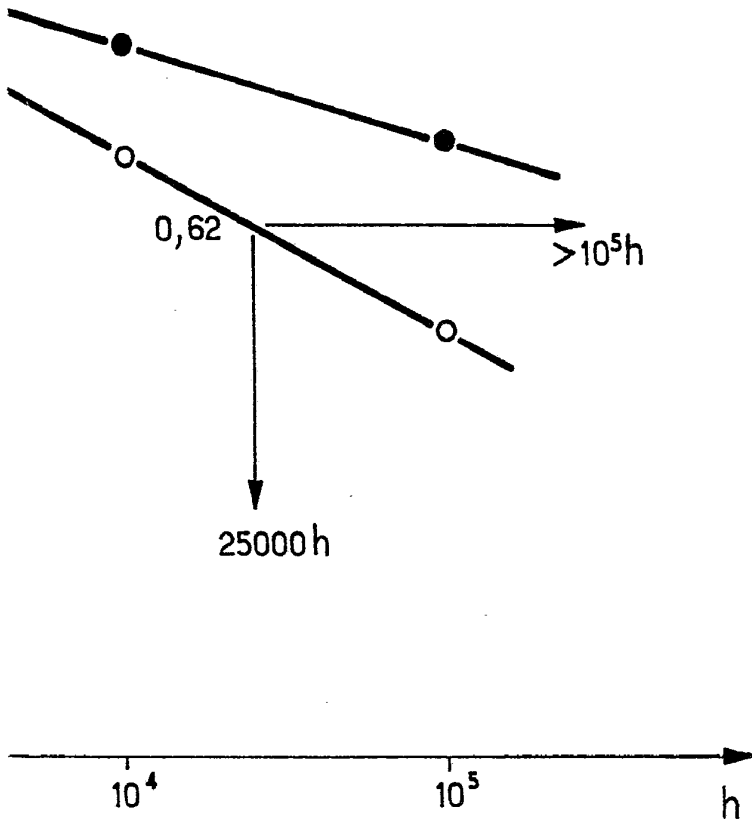
Escaleta variable

411334



16 FEB. 1973

Fig. 4.



Madrid,
SOCIETE DES ACIERIES DU MANDIR-POMPEY
P. P.

16 FEB. 1973

FRANCISCO GARCIA CABRERIZO
P. P.

Firmado: M.ª Dolores Jorquera