

336996

18



PATENTE DE INVENCION

Case No. M-54538

=====

Memoria Descriptiva

sobre:

"Procedimiento para producir artículos carburados".

- - - - -

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

- - - - -

Esta invención se relaciona con un método de producción de artículos de acero carburado. Más particularmente, la invención se relaciona con un método de producción de artículos de acero carburado

5. dotados de notables propiedades metalúrgicas para apli

336996



caciones de contacto rodante, tales como cojinetes y engranajes.

Es bien sabido que se requieren - propiedades especiales metalúrgicas en los cojinetes y engranajes carburados. La superficie carburada, -

5. es decir la vaina, del artículo de acero ha de ser de suficiente profundidad para resistir las cargas por contacto y ha de presentar micro-estructura adecuada para proporcionar una dureza máxima para su resisten

10. cia al desgaste y una estabilidad máxima durante cargas cíclicas. La porción no carburada del artículo, es decir el núcleo, ha de ser de suficientes dureza para evitar que la vaina se hunda bajo una carga y al mismo tiempo no ha de ser tan quebradizo que tenga -

15. por resultado un agrietamiento entre la vaina y el - núcleo durante la fabricación o uso del artículo de acero.

Las propiedades de resistencia al desgaste y rendimiento de los cojinetes o engranajes

20. son afectadas por la microestructura del acero y la dureza de la vaina y el núcleo, determinadas por la respuesta del acero al tratamiento de carburación, - retención de austenita por aquél cuando es térmicamente tratado y por la capacidad de endurecimiento del

25. acero. La microestructura más deseable de la vaina de elevado contenido en carbono del artículo consiste en una matriz de martensita templada, con carburos uniformemente distribuídos, y, si se halla presente, . austenita retenida uniformemente espaciada y finamen

30. te dispersa. Para la mejor resistencia al desgaste,

336996



la dureza de la vaina deberá ser por lo menos C 59 Rockwell y la capacidad de endurecimiento deberá ser suficiente para permitir el endurecimiento hasta la profundidad total de la porción de elevado contenido en carbono de la vaina. El porcentaje de austenita retenida es también descabablemente mantenido tan bajo como sea posible y no deberá exceder de un valor que reduzca la dureza de la vaina del artículo de acero, cuando se temple a una temperatura inferior a 204°C, por debajo de C 59 Rockwell, aproximadamente. Los artículos de acero carburado son ordinariamente templados a una temperatura superior a aquélla a la que se expondrá el artículo durante su uso.

El núcleo de un cojinete o engranaje se evalúa de manera similar a la evaluación de la vaina, es decir mediante examen de la microestructura y determinación de la dureza y capacidad de endurecimiento de muestras preparadas. La microestructura deseable para el núcleo es una martensita de bajo contenido en carbono con una dureza Rockwell C 25 a C 45. La máxima dureza obtenible en el núcleo depende principalmente del contenido en carbono y la profundidad de endurecimiento del artículo de acero depende de la capacidad de endurecimiento (medida mediante ensayos de la misma), que es función del contenido en aleación.

Se conocen muchos aceros que pueden proporcionar las propiedades óptimas en el núcleo o en la vaina, pero ninguno ha sido obtenible antes de la presente invención que posea la combinación ú-

336996

- 4 -



- nica de propiedades deseables en la vaina del núcleo cuando se trata como aquí se describe. Un acero común usado para cojinetes o engranajes de funcionamiento rudo es el AISI 3310 y así este acero es útil como base de comparación de propiedades. Un fallo del AISI 3310 ha sido su propensión (1) a formar carburos de límites granulares masivos en la vaina carburada y -
5. (2) a la retención de redes parcheadas de austenita en la vaina carburada después del tratamiento térmico
10. final. Los carburos masivos son indeseables en la superficie de cojinetes o engranajes, porque se supone reducen la vida útil del artículo carburado. Sin embargo, la eliminación de los carburos masivos de la superficie de piezas producidas con acero 3310 implica unas operaciones indeseables extras de pulimentación. Es también posible reducir al mínimo la formación masiva de carburo controlando la atmósfera carburadora, pero el equipo de control es difícil de utilizar con suficiente precisión para eliminar por completo el problema.
15. 20.
- Unas cantidades excesivas de austenita, retenida no dispersa y no finamente dividida en la vaina de carburo pueden tener por resultado la presencia de "puntos blandos" que pueden reducir también
25. la vida de artículos producidos con tales aceros. El acero AISI 3310, por ejemplo, es susceptible de retención de austenita en parches cuando se trata térmicamente de modo convencional, habiendo sido práctica generalmente aceptada el proporcionar tratamientos
30. térmicos intermedios a artículos producidos con los -

336996



aceros 3310 ó repetidos enfriamientos a temperaturas inferiores a 0^o, a fin de eliminar los parches de austenita retenida y distribuir uniformemente la presente austenita retenida.

5. La presente invención implica un método de tratamiento de una particular composición de acero para producir artículos carburados perfeccionados que sean superiores a los actualmente obtenibles. La invención proporciona un artículo carburado con -
10. una reducida propensión a formar carburos de límites granulares y masivos durante la carburización y con austenita retenida uniformemente distribuída que evita las costosas operaciones extras de pulimentación y especiales tratamientos térmicos intermedios que -
15. son normalmente necesarios. Practicando nuestro método, es posible producir artículos de acero carburado dotados de una dureza de núcleo y vaina equivalente a la del AISI 3310, pero con una propensión inferior a la formación de carburo masivo que aquél y en
20. el que la austenita retenida, si se halla presente, es finamente distribuída por todo él.

- De acuerdo con la invención, se -
25. proporciona un método de carburización de acero que contiene, en porcentaje en peso, del 0,13 al 0,3% - de carbono, 0,15 al 0,50% de manganeso, 0,1 al 1,0% de silicio, 1,0 a 2,0% de níquel, 0,2 a 1,0% de cromo, 0,15 al 1,25% de molibdeno y hasta un 0,006% de boro. Una composición preferida contiene del 0,13 -
30. al 0,3% de carbono, 0,15, al 0,40% de manganeso, 0,1 al 0,7% de silicio, 1,25 al 2,1% de níquel, 0,2 al -

336996



- 1,0% de cromo, 0,25 al 1,25% de molibdeno y hasta el 0,006% de boro. De acuerdo con la invención, se producen perfeccionados artículos carburados de la composición antes mencionada, dotados de una dureza templada C 59 Rockwell por lo menos y un núcleo de martensita de bajo contenido en carbono con una dureza C 25 Rockwell por lo menos, y caracterizados por la presencia de austenita retenida uniformemente distribuida, pero sustancialmente sin carburos masivos de límites granulares, carburando piezas de acero de dicha composición en una atmósfera carburante, preferiblemente una que tenga suficiente potencial carburante para producir una vaina carburada de un 0,80% de carbono por lo menos, a una temperatura superior a 871°C aproximadamente, durante un tiempo suficiente para producir la profundidad de vaina deseada, enfriando luego dicho artículo carburado a temperatura ambiente, austenizando dicho artículo por calentamiento a la temperatura A₃ ó ligeramente superior, dentro de los valores de 816 a 851°C aproximadamente, enfriando desde la temperatura de austenización y templando a una temperatura inferior a 204°C, pero superior a la temperatura de funcionamiento del artículo de acero durante un espacio de hasta 4 horas aproximadamente y preferiblemente de 2 a 4 horas. El material producido de acuerdo con este procedimiento está bien adaptado para aplicaciones en cojinetes o engranajes destinados a trabajos intensos y es superior al material convencional, tal como aceros AISI 3310 de equivalente capacidad de endurecimiento, que son normalmente
- 5.
 - 10.
 - 15.
 - 20.
 - 25.
 - 30.

336996 18



usados.

- La temperatura A_3 para aceros dentro de los límites de la composición es generalmente de 816 a 851°C. Sin embargo, es deseable austenizar el acero entre la temperatura A_3 y ésta más 27,8°C - para reducir al mínimo la estabilización de la austenita. Preferiblemente, la austenización se efectúa dentro de los 14°C por encima de la temperatura A_3 - de la composición particular de acero tratada.
10. La invención se comprenderá más plenamente mediante la siguiente descripción y ejemplos.
- La comparación de la capacidad de endurecimiento del núcleo de muestras de acero de la composición prescrita y de muestras de acero AISI 3310, se muestra en las figuras 1A, 1B y 1C, en las que, en ordenadas se representan "Durezas, Rockwell C" y en abscisas "Distancia al extremo templado en dieciséisavos de pulgada";
15. La figura 1A representa aceros con capacidad de endurecimiento del núcleo insatisfactoria; la figura 1B se representan aceros con una capacidad mínima aceptable de endurecimiento del núcleo y la figura 1C representa aceros con una capacidad satisfactoria de endurecimiento del núcleo.
20. Las líneas de trazos representan bandas AISI 3310 H mientras que las de línea continua representan los aceros, cuyas composiciones se dan en la tabla I, medidas por ensayos de capacidad de endurecimiento por enfriamiento terminal. Los aceros se
- 25.
- 30.

336996



- consideran equivalentes o mejores, en cuanto a capacidad de endurecimiento, que el acero AISI 3310, si todas las durezas a lo largo de la barra enfriada por un extremo exceden de la curva inferior de la banda H. También puede emplearse una equivalencia de la dureza del núcleo a cualquier distancia particular del extremo enfriado de la barra enfriada por un extremo, como criterio de comparación de los aceros. Como el ritmo de enfriamiento a 12,7 milímetros del extremo de una barra de ensayo sobre capacidad de endurecimiento ($J_d = 8$) corresponde al ritmo de enfriamiento del núcleo de muchas secciones de cojinetes y engranajes, esta distancia es útil para la comparación de las durezas de núcleo de los aceros ensayados.

- Los aceros de las composiciones descritas en la tabla I después de la carburación fueron sometidos a estudios de evaluación de la capacidad de endurecimiento y los resultados se indican en las figuras 1A a 1C y en la Tabla II. Las muestras de acero fueron carburadas por encima de 871°C en una atmósfera de gas carburante que tenía suficiente potencial carbónico para elevar el contenido en carbono en la superficie por encima del 0,80%. Más específicamente, las muestras fueron carburadas a 899°C durante 35 a 40 horas con una atmósfera de gas natural - Rx dotada de suficiente potencial carburante para saturar austenita con carbono en acero AISI 3310 a la temperatura de carburación. La atmósfera poseía un potencial carbónico del 0,95 al 1,10% apro

336996

18



ximadamente. Después de enfriar desde la temperatura de carburación, las muestras fueron calentadas de nuevo a la temperatura A_3 ó ligeramente superior (dentro de $14^{\circ}C$), determinada por el método dilatométrico, -

5. para producir una máxima capacidad de endurecimiento del núcleo en el acero al enfriarse subsiguientemente en aceite. Después del enfriamiento, las muestras recibieron un tratamiento de temple a baja temperatura, aproximadamente de $177^{\circ}C$, durante 2 horas por lo

10. menos, para suavizar las tensiones de enfriamiento.

336996
T A B L A I



Composición química de muestras de acero (análisis verificación, % peso)

Acero	<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>B</u>
3310	0.10	0.50	0.015	0.012	0.26	3.37	1.48	+	*
A	0.10	0.78	0.014	0.011	0.20	2.83	+	0.73	*
B	0.10	0.56	0.013	0.014	0.19	2.27	+	1.01	*
C	0.09	0.61	0.010	0.011	0.29	1.81	0.42	0.68	*
D	0.09	0.58	0.016	0.014	0.27	1.79	0.61	0.68	*
E	0.09	0.55	0.013	0.014	0.27	1.77	0.79	0.67	*
F	0.08	0.26	0.010	0.010	0.28	2.23	0.61	0.67	*
G	0.09	0.60	0.014	0.013	0.29	2.25	0.61	0.67	*
H	0.09	0.55	0.014	0.014	0.27	2.24	0.62	0.98	*
I	0.16	0.26	0.010	0.011	0.30	2.24	+	0.99	*
J	0.16	0.60	0.014	0.016	0.29	2.26	+	0.99	*
K	0.16	0.56	0.015	0.016	0.26	2.26	0.65	0.98	*
L	0.16	0.25	0.010	0.012	0.28	1.82	0.62	0.68	*
M	0.16	0.25	0.014	0.015	0.28	1.81	0.63	0.96	+
N	0.16	0.23	0.014	0.015	0.26	1.83	0.62	0.98	0.003

+ Cantidad residual

* No especificado

336996
T A B L A II



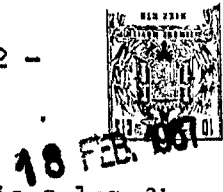
Dureza de muestras para capacidad endurecimiento núcleo, a Jd = 8

(Dureza de núcleo)

<u>Acero</u>	<u>Dureza Rockwell C</u>
3310	31.0*
A	31.5
B	27.5
C	26.0
D	26.5
E	28.5
F	26.0
G	28.0
H	32.0
I	29.0
J	35.0
K	41.5
L	32.5
M	35.0
N	39.5

*Tomada de curva dureza mínima de AISI 3310 banda H.

336996



5. Con referencia a las figuras 1A, 1B y 1C, es evidente que los aceros J, K, M y N tienen una capacidad de endurecimiento del núcleo equivalente o mejor a la del acero AISI 3310. Se vé por la Tabla II que los aceros J, K, M, N, A, H y L tienen una dureza de núcleo equivalente a la del acero AISI 3310, en tanto que los aceros B, C, D, E, F, G e I no satisfacen ninguno de aquéllos criterios y estos aceros han de considerarse insatisfactorios desde este punto de vista.

15. A la temperatura A_3 o mayor del acero, el núcleo del artículo es completamente austenítico y se obtiene la mejor utilización del carbono y elementos aleadores para producir las propiedades mejores del núcleo. Sin embargo, a esta temperatura la porción carburada del artículo puede o no ser completamente austenítica, dependiendo de la cantidad de carbono y elementos aleadores y las propiedades de la porción carburada del artículo variarán de acuerdo con la composición básica del acero, como se mostrará.

25. En la Tabla III se muestra una comparación de la dureza de vaina de una serie de aceros con el acero AISI 3310. Estas muestras fueron tratadas como anteriormente se describe mediante carburación, endurecimiento y temple, usando sin embargo, potenciales de gas carburante suficientes para obtener un contenido carbónico del 0,90 y el 0,80%. De los aceros que presentaban una satisfactoria capacidad de endurecimiento del núcleo como an

336996

18 FEB 1950



teriormente se describe, sólo los aceros A, H y J tenían una dureza de núcleo insatisfactoria (más de 0,5 por debajo de Rockwell C 59). Todos los aceros tenían suficiente capacidad de endurecimiento de vaina para endurecer la elevada porción carbonosa de la misma.

T A B L A. III

Dureza de muestras carburadas de aceros experimentales austenizados a temperatura A_c_3 y templados a 177°C durante 4 horas (1,00% carbono)

<u>Acero</u>	<u>Dureza Rockwell C)</u>
3310	62.0
A	56.0
B	58.5
C	58.5
D	58.8
E	59.0
F	59.0
G	60.2
H	57.5
I	60.0
J	68.2
K	59.8
L	61.5
M	59.8
N	59.2

336996

18

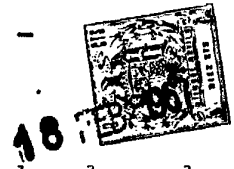


Las muestras de acero AISI 3310 -
carburado contenían excesivas cantidades de carburos
masivos hasta una profundidad de 0,254 milímetros -
desde la superficie. Los otros aceros, en contraste,
5. no representaban esencialmente carburos masivos. La
comparación de las microestructuras se observa en -
las figuras 2 y 3, que son microfotografías de mues-
tras de la porción altamente carbónica de la vaina -
de acero AISI 3310 y del acero de composición K, res-
10. pectivamente, con una ampliación de 500 veces y des-
pués de un ataque químico.

Análogamente, se muestran en la -
figura 4 grandes parches de austenita retenida en la
vainas carburadas de aceros AISI 3310, que pueden com-
15. pararse a una microestructura típica de un producto
de composición de acero L tratado de acuerdo con la
invención y mostrada en la figura 5. Las muestras -
de acero AISI 3310 ilustradas en la figura 4 y de ace-
ro L ilustradas en la figura 5 no recibieron un tra-
20. tamiento térmico intermedio del tipo que sería nece-
sario para reducir al mínimo los parches indeseables
de austenita retenida. El análisis micrográfico de
muestras de aceros G y K (no mostrados) que no reci-
bieron un tratamiento térmico intermedio exhibió tam-
25. bién algunos parches de austenita indeseables (simi-
lares a la figura 4) y así, los aceros G y C no son
satisfactorios desde este punto de vista.

Es evidente por lo que antecede que
pueden efectuarse varios cambios y modificaciones sin
30. apartarse de la invención. Así, por ejemplo, puede

336996



- emplearse cualquier atmósfera carburadora adecuada con un suficiente potencial de carburación para producir más del 0,80% de carbono a la requerida profundidad de vaina. Análogamente, si se desea, pueden proporcionarse ambientes carburantes sólidos o líquidos.
5. Después de la carburación, el artículo carburado puede ser enfriado brusca o lentamente a temperatura ambiente antes de la subsiguiente austenización. Es asimismo evidente que dentro de la gama de tratamientos
10. térmicos expuestos, sólo el acero de la composición descrita tendrá por resultado la combinación deseada de propiedades en el núcleo y en la vaina; es decir, la completa crudeza del núcleo combinada con una satisfactoria dureza de la vaina y una reducida
15. propensión a formar carburos masivos en los límites granulares durante la carburación y con austenita retenida uniformemente distribuída, que evita las costosas operaciones extras de pulimentación y especiales tratamientos térmicos intermedios que normalmente son
20. necesarios.

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
25. 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 21 de febrero de
30. 1.966, bajo el número Ser. No. 529.149, acogiéndose

336996



- por 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
5. sobre: "PROCEDIMIENTO PARA PRODUCIR ARTICULOS CARBURADOS"; caracterizándose por lo siguiente:
- 1ª.- Procedimiento para producir artículos carburados, dotados de una dureza de temple en la superficie, por lo menos de un valor Rockwell C 59, un núcleo martensítico de bajo contenido en carbono con una dureza Rockwell C de 25 por lo menos y que tienen austenita retenida finamente distribuida, pero sustancialmente sin carburos masivos en los límites granulares, caracterizado porque comprende la carburación de acero que tiene del 0,13 al 0,30% de carbono, 0,15 a 0,50% de manganeso, 0,10 a 1,0% de silicio, 1,0 a 2,10% de níquel, 0,20 a 1,00% de cromo, 0,15 a 1,25% de molibdeno y hasta un 0,006% de boro, el calentamiento de dicho acero carburado dentro del orden de 816 a 851°C para austenizarlo, el enfriamiento del referido acero desde la temperatura de austenización y el subsiguiente temple a una temperatura inferior a 204°C, durante un período de hasta 4 horas aproximadamente.
10. 20. 25.
- 2ª.- Procedimiento, según la reivindicación 1, caracterizado porque dicho acero es carburado en una atmósfera carburante que tiene un suficiente potencial carbonoso para elevar el contenido carbónico de la superficie al 0,8% o más.
20. 3ª.- Procedimiento, según la rei-

336996



vindicación 1, caracterizado porque dicho acero carburado es austenizado a una temperatura del orden de A_3 a A_3 más $50^{\circ}C$

5. 4^a.- Procedimiento, según la reivindicación 1, en el que dicho acero carburado es austenizado a una temperatura del orden de A_3 a A_3 - más $28^{\circ}C$.

10. 5^a.- Procedimiento, según la reivindicación 1, caracterizado porque la carburación - del acero se efectúa a una temperatura superior a - $871^{\circ}C$, durante un tiempo suficiente para producir la deseada profundidad de vaina.

15. 6^a.- Procedimiento, según la reivindicación 5, caracterizado porque las proporciones son del 0,15 al 0,40% de manganeso, del 0,10 al 0,70% de silicio, del 1,25 al 2,10 de níquel y del 0,40 al 1,25% de molibdeno.

20. 7^a.- Procedimiento, según la reivindicación 1, caracterizado porque la operación de templado se efectúa durante 2 a 4 horas.

8^a.- Procedimiento para producir artículos carburados; tal y como queda sustancialmente descrito en la presente Memoria y en los adjuntos dibujos.

336996



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

Madrid, 18 FEB. 1967

UNITED STATES STEEL CORPORATION,

A. GOMEZ A. G. Y C. S. A.
Firmado: F. Hernández Rúa

336996



FIG. 1A.

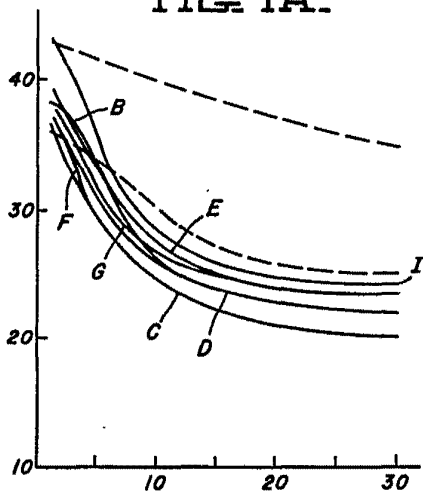
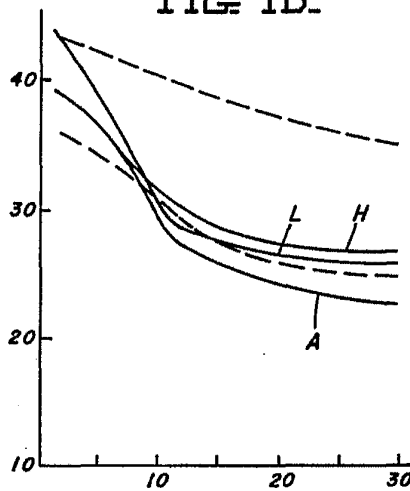
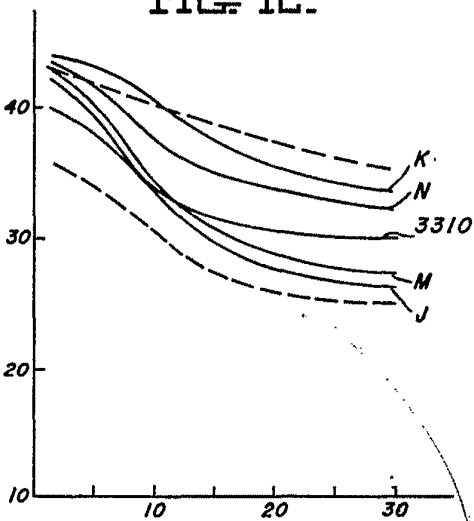


FIG. 1B.



ESCALA VARIABLE

FIG. 1C.



Madrid

19 FEB 1967

J. GOMEZ ACEBO Y MORA
y c. Firmado E. Hernandez

336990



FIG. 2.



FIG. 4.

ESCALA
VARIABLE

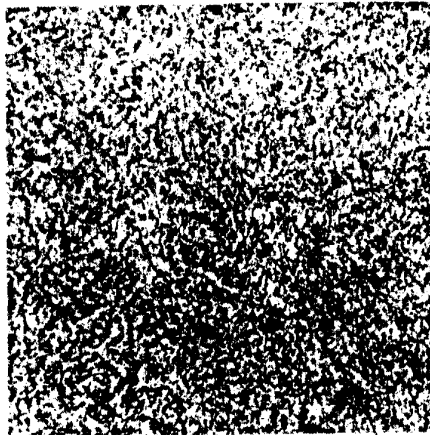


FIG. 3.



FIG. 5.

~~Madrid 8 FEB. 1957~~

J. GOMEZ ACEBO Y MODER
p. p. Firmador F. Hernandez Ruiz