



345

171076 .

171076

MEMORIA DESCRIPTIVA

que se acompaña a la solicitud de una patente de invención por veinte años en España, por: "Procedimiento para obtener productos de acero grafitico al nitruro" a favor de la r.s. The Nitralloy Corporation, residente en Nueva York (Estados Unidos).-

Este invento se refiere a aleaciones ferrosas y a artículos de manufactura hechos de éstas. Más particularmente, el invento se ocupa de la manufactura de artículos nitrurados hechos de acero grafitico y de nuevas y perfeccionadas aleaciones ferrosas especialmente adaptadas para el uso en la nitruración.

Los aceros grafiticos han sido desarrollados en los últimos años para varios fines tales como partes móviles de válvulas, bielas, matrices y en otras situaciones en que se desean especialmente las propiedades de resistencia al desgaste y de baja fricción. Tales aceros también se recomiendan por su fácil mecanización. Sin embargo, estos aceros están sujetos a las mismas desventajas que los aceros ordinarios al carbono en lo que se refiere a la curvatura y distorsión cuando se intenta endurecerles por tratamiento de calor e



1945 2.-

171076

por temple. Además, tal dureza se pierde y no se recupera cuando las partes así endurecidas son sobrecalentadas. Los aceros grafiticos hasta ahora producidos y usados comercialmente, no han sido susceptibles de nitruración.

5 Hay también otro grupo de aceros que ha adquirido una amplia aceptación para el uso en situaciones en que se desean superficies duras de desgaste. Estos son los aceros nitrurantes, siendo los más comunmente usados y vendidos los que se venden bajo la marca de comercio "NITRALLOY". Estos son aceros de aleación medios al carbono, conteniendo usualmente aluminio, cromo y molibdeno y algunas veces conteniendo vanadio o níquel y también usualmente conteniendo cantidades de manganeso y silicio dentro de los límites acostumbrados para un acero ordinario al carbono. Los aceros nitrurados se caracterizan por su elevada dureza de superficie y retienen un alto grado de dureza a temperaturas a las que una pieza de acero tratada por calor o endurecida de otro modo (carburiada en horno o tratada por calor) se reblandecerá completamente. Un acero nitrurado puede calentarse a una elevada temperatura y al enfriarse a la temperatura del ambiente poseerá su original dureza de temple.

10

15

20

Es un objeto del presente invento el obtener artículos ferrosos combinando la fácil mecanización, baja fricción y propiedades autolubrificantes de los aceros grafiticos con la alta dureza de superficie y retentividad de dureza de los aceros nitrurados y también el obtener tales artículos sin recurrir a tratamientos por calor que son susceptibles de causar curvatura o distorsión de la pieza que se está tratando, particularmente cuando tiene forma complicada o una sección transversal desigual.

25

30

171076



3.-

Es un objeto ulterior del presente invento el obtener nuevas aleaciones ferrosas susceptibles de endurecimiento por nitruración. Otros objetos y ventajas del invento serán mencionados según se desarrolla la descripción.

5 Al describir las nuevas aleaciones ferrosas y productos nitrurados del presente invento se hará referencia al adjunto dibujo en el que se reproducen como figuras 1 y 2, microfotogramas mostrando respectivamente, para cada uno de dos análisis representativos de acero, dentro del presente invento, las micro-estructuras de secciones longitudinales de la superficie templada y del núcleo a 500 aumentos y una similar sección longitudinal a 100 aumentos de la superficie templada y del núcleo, todos después de nitrurar.

15 Las figuras 3 y 4 representan micro-fotogramas de 100 aumentos mostrando la distribución de grafito en secciones transversales de la superficie templada después del tratamiento de calor de muestras de los análisis representados respectivamente por las figuras 1 y 2.

20 Contrariamente a lo que se hubiese podido predecir según la previa experiencia en la nitruración de aleaciones de acero, se ha hallado que pueden obtenerse resultados de nitruración altamente satisfactorios, nitrurando aceros grafiticos conteniendo desde 1.00 a 2.00% total de carbono y apropiadas combinaciones y proporciones de elementos que favorecen la nitruración y la grafitación. Al llegar a 25 las combinaciones y proporciones apropiadas, es importante seleccionar y proporcionar los elementos favorecedores de la nitruración y de la grafitación para asegurar que el contenido de carbono del análisis resultante permanezca 30 esencial o principalmente en forma combinada o en solución siguiendo los estados de fluido y de solidificación de la

171076

25



4.-

fundición y durante los subsiguientes estados de recalenta-
miento y de reducción de temperatura en cámara a una tempe-
ratura de trabajo y finalmente en gran parte durante la ela-
boración en caliente pero que al mismo tiempo llegará a ser
5 susceptible de descomposición de carburo para producir car-
bono grafitico cuando el acero elaborado en caliente es re-
calentado y sometido a cualquier temperatura superior al lí-
mite de transformación, después de enfriado o refrigerado
por aire seguido de la operación de templado.

10 Los elementos favorecedores de la nitruración que son
los más efectivos en las composiciones de aleaciones ferro-
sas del presente invento son aluminio, cromo, molibdeno, va-
nadio, circonio, colombio y titanio. El aluminio tiene una
parte particularmente importante porque funciona tanto como
15 agente promotor de nitruración como agente grafitador.

El cromo, aunque favorece la dureza de nitruro, debe
emplearse limitadamente a causa de su tendencia a estabili-
zar el carbono en forma combinada. Usualmente el cromo no
deberá ser añadido en una proporción superior a .60%, aun-
20 que cuando se formen grandes moldes o lingotes, el conteni-
do de cromo podrá aumentarse hasta alrededor de 1.00% en el
caso de que esté equilibrado con cantidades adecuadas de adi-
ciones a la aleación que favorezcan la grafitación.

El molibdeno ha sido propuesto como agente de grafita-
25 ción pero la experiencia indica que sólo es moderadamente
efectivo para este fin. Aunque el molibdeno contribuye al-
go al efecto de endurecimiento por el nitruro y favorece la
profundidad del temple, su adición se efectúa principalmen-
te para mejorar las propiedades físicas. Por tanto, el mo-
30 libdeno podrá ser añadido útilmente en una limitación bas-

171076

25 88



5.-

5 tante amplia de proporciones sin miedo de que interfiera el control de la proporción combinada de: carbono-grafítico carbono deseada en el producto final. Ordinariamente, cuando se usa molibdeno, será suficiente una proporción dentro de los límites de .20 - .45%

10 El vanadio y el colombio son ambos elementos formadores de carburo pero podrán utilizarse en pequeñas proporciones con buenos resultados mejorando las condiciones de nitruración y las propiedades físicas de la aleación. El vanadio en cantidades de .10 a .30% sirve para mejorar la estructura granular y las propiedades físicas y también para afectar favorablemente las condiciones de nitruración. Ma-
15 yores cantidades usualmente no son deseadas a causa de la tendencia de formar carburos resistentes a un tratamiento calórico de grafitación. El colombio podrá añadirse en una cantidad efectiva hasta .30%. El circonio sirve para promover la grafitación de las aleaciones ferrosas del presente inven-
20 to cuando se someten a un tratamiento de grafitación por calor. Cuando es usado circonio no necesita añadirse más de .50%.

25 El silicio deberá usarse limitadamente en comparación con las cantidades normalmente usadas para producir grafitación en el hierro fundido porque suple al efecto grafitizante del aluminio y también porque un aumento en el contenido de silicio tiende a reducir la forjabilidad de la composición.

30 El níquel actúa como elemento grafitizante y para hacer al material susceptible de endurecimiento por precipitación. Efectivamente, aleaciones conteniendo de 2.00% a 3.50% de níquel, pero de otro modo de la limitación de composición general expuesta, son particularmente adecuadas para usos donde se desea comunicar dureza de núcleo por el efecto de

171076

25



6.-

endurecimiento por precipitación. Una serie especial de composiciones de aleaciones de acero grafitico conteniendo níquel será objeto de una solicitud separada.

5 El titanio forma carburos muy estables pero cuando está presente en pequeñas cantidades, actúa favoreciendo la grafitación en los aceros de aleación aquí considerados.

10 El manganeso podrá estar también presente en proporciones excedentes a las ordinariamente usadas en un acero al carbono o en cualquier proporción dentro de los límites de .20% a 1.00%. El manganeso podrá ser sustituido por parte del cromo que de otro modo se hubiese usado para mejorar la dureza de nitruro y tiene la ventaja de que sirve de formador de carbure equilibrando en cierta extensión la acción de formación de grafito del aluminio y del silicio, pero no tiene, como el cromo, a estabilizar los carburos para producir carbones en forma grafitica cuando la aleación es sometida a un tratamiento de calor de grafitación.

15 Aceros de aleación del tipo grafitico mostrando propiedades nitrurantes satisfactorias pueden prepararse dentro de los siguientes límites:

20	Carbono total	1.00	-	2.00%
	Mn	.20	-	1.00%
	Si	.50	-	1.75%
	Al	.50	-	2.50%
25	Cr	0	-	.60%
	Mo	0	-	.75%

30 Las composiciones de los límites arriba mencionados conteniendo hasta aproximadamente 1.75% de carbene son forjables en caliente. Aquellas conteniendo más de 1.75% son satisfactorias donde la forjabilidad no es importante. La

171076



7.-

proporción de cromo no está absolutamente limitada por el límite superior consignado, teniendo en cuenta que su efecto estabilizador de carburo está compensado por ajustes apropiados de las proporciones de elementos grafitantes, por ejemplo aluminio y silicio. Usualmente la proporción de silicio no deberá exceder de 1.75% y cuando se usan proporciones de aluminio dentro de la parte superior del límite, el silicio deberá ser disminuido correspondientemente. De otro modo existiría la tendencia de formarse carbono libre en la aleación al fundirla y esto interfiere con la forjabilidad del producto.

El ajuste óptimo de las proporciones de los elementos favorecedores del nitruro, formadores de carburo y grafitadores será aquel que asegure que el acero de aleación al fundirle contenga muy poco, si es que contiene algo de carbono libre y muestre poca o ninguna tendencia a que se forme carbono grafitico durante el recalentamiento a una temperatura de forja y durante el forjado. Al mismo tiempo, el carbono combinado deberá poderse llevar a un tratamiento calórico grafitante y capaz de transformarse parcialmente en carbono grafitico. Teniendo en cuenta la conducta de los varios elementos mencionados en lo que respecta a su capacidad de favorecer la nitruración, su propiedad de formar carburo y la capacidad de sus carburos de responder a un tratamiento calórico de grafitación con la formación de una deseada estructura grafitica, resulta relativamente fácil, mediante algunas pruebas preliminares, el determinar cómo han de variarse las proporciones relativas de los elementos dentro de los límite especificados a fin de obtener el resultado deseado.

Las composiciones dentro de los siguientes límites

171076

25



8.-

5 poseen propiedades muy interesantes no sólo desde el punto de vista de su capacidad de nitruración y fácil mecanización en el estado no-nitrurado siguiendo a un tratamiento calórico de grafitación, sino también porque son fácilmente forjables y están caracterizadas por sus propiedades relativamente elevadas de capacidad de tensión y ductilidad:

Carbono total	1.25 - 1.50%
Mn	.40 - .60%
Si	1.25 - 1.50%
Al	1.25 - 1.75%
Cr	.30 - .40%
Mo	.20 - .30%

10 En calidad de ejemplos específicos, se hicieron fundiciones preparadas mostrando las siguientes proporciones después de un tratamiento grafitante por calor:

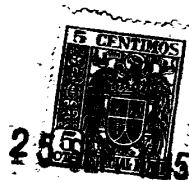
TABLA I.

ANALISIS DE ALEACIONES DE ACERO

	A	B	C	D	E	F
Carbono total	1.50	1.46	1.13	1.31	1.41	1.44
Carbono grafitico	1.05	.97	.60	.73	.71	1.11
20 Manganeso	.54	.55	.58	.59	.58	.54
Silicio	1.37	1.37	1.72	1.61	1.53	1.49
Aluminio	1.59	1.53	1.29	1.09	1.22	1.92
Cromo	.33	.34	.30	.42	.55	.34
Molibdene	.30	.29	.35	.33	.31	.28
25 Cobre	----	.40	---	---	---	---

En los dibujos, las figuras 1 y 2 designan microfotogramas de secciones longitudinales de la superficie temple-

171076



9.-

da, del núcleo y de la superficie templada y núcleo con los aumentos indicados de las muestras nitruradas de los análisis de aleaciones de acero a que se hace referencia como "A" y "B" en la tabla I.

5 Las figuras 3 y 4 representan secciones transversales del núcleo de los análisis "A" y "B" según el tratamiento calórico grafitante descrito más particularmente más tarde en la presente memoria descriptiva.

10 Los aceros de aleación identificados como "A", "B" y "E" mostraron las siguientes propiedades físicas cuando se recalentaron a una temperatura de forja alrededor de 1850° F., después se forjaron a aquella temperatura, se enfriaron por aire, después se recalentaron a 1650° F. durante una hora, después se templaron al aire y finalmente se recalentaron a 1400° F durante cinco horas:

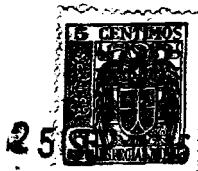
15

Capacidad de tensibilidad,	A	B	E
libras por pulgada cuadrada	100,500	103,100	116,000
Punto de ductilidad			
libras por pulgada cuadrada	71,800	74,300	76,000
20 Por cientos R.A.	41,8	36,9	28,0
Alargamiento porcentual	23,5	24,3	15,5
Dureza Rockwell C	13,5	15,0	20,0
Dureza Brinell	187	197	-----

25 Los anteriores valores fueron obtenidos de cargas de fundición que fueron preparadas fundiendo en un horno de inducción y formando lingotes de peso aproximado de 40 lb. con un tamaño aproximado de 4 1/2" x 4 1/2" x 12". Estos lingotes fueron recalentados y forjados hasta aproximadamente 1" en redondo, después se refrigeraron con aire y posteriormente se so-

30

171076



10.-

metieron al tratamiento por calor antes mencionado.

Como se muestra en las figuras 3 y 4, el producto resultante del anterior tratamiento está caracterizado por una microestructura en la que una parte del carbono, usualmente de .20 a .80% dependiente de la composición, está presente en forma combinada con el balance del carbono bien distribuido en forma nodular e como copos.

Después que las muestras de los diferentes análisis mencionados en la tabla I fueron forjadas y tratadas por calor de la manera antes descrita, se mecanizaron y después se sometieron a un tratamiento de nitruración por amoniaco durante 48 horas a 975° F. Los siguientes son los valores de dureza del núcleo, dureza de la superficie templada y de profundidad del temple:

TABLA II

D u r e z a

<u>Acero de aleación</u>	<u>Núcleo</u> Rockwell C	<u>Superficie de temple</u> Rockwell 15N	<u>Profundidad del temple</u>
A	13.5	92.5	.015"
B	15.0	92.5	.015"
C	14.0	91.	.015"
D	22.5	93.	.012"
E	20.0	93.	.015"
F	14.0	92.7	.013"

Las cargas de los análisis identificados como C, D, E y F fueron todas preparadas de una manera similar a las cargas para los análisis A y B fundiendo en un horno de inducción, siendo la única diferencia que en los análisis de C, D y F fueron preparados lingotes de 6 libras.

En la práctica comercial generalmente será deseable someter al producto forjado, después de haber sido sometido al trata-

171076



11.-

1945

5 miento grafitante por calor, a una mecanización en bruto seguida de recalentamiento a una temperatura algo superior al límite de transformación. Después de esto, el producto deberá ser enfriado y recalentado a una adecuada temperatura más baja para el temple para obtener las propiedades físicas deseadas. El producto podrá entonces ser sometido al tratamiento convencional de nitruración y después se terminará de limar o pulir a la dimensión final deseada.

10 Alternativamente el producto podrá ser sometido a una mecanización de terminado antes de la nitruración, o bien directamente después del tratamiento calórico de grafitación o después de que el producto ha sido mecanizado primeramente en bruto y después recalentado, enfriado y templado.

15 Debe entenderse que el tamaño del lingote y las condiciones de fundir la aleación afectarán algo la capacidad de la composición de conservar el carbono esencialmente en forma combinada y en solución siguiendo los estados líquido y de solidificación de la fundición y durante las subsiguientes operaciones de recalentamiento y de forja. Hablando generalmente, para impedir lo
20 más ampliamente posible la formación de más o menos grafito libre en la porción interior del lingote durante estos estados preliminares en la producción del producto final, será deseable aumentar las proporciones de elementos formadores de carburo, mientras se rebajan o mantienen constantes las proporciones de los elementos
25 grafitantes.

30 Similarmente, la sección transversal del producto final afectará algo el grado de grafitación y las propiedades físicas de una aleación de composición dada y donde se ha de obtener un producto de sección relativamente gruesa, las proporciones de las adiciones de la aleación deberán ser variadas convenientemente en este sentido. Por ejemplo, para asegurar que las par-

171076



12.-

1945

tes del núcleo de un producto de sección más gruesa respondan al tratamiento grafitante por calor y muestren propiedades físicas adecuadas, generalmente será deseable aumentar algo las proporciones de los elementos estabilizadores de carburo tales como cromo, manganeso y vanadio y aumentar al mismo tiempo correspondientemente las proporciones de los agentes más efectivamente grafitadores.

Variando las proporciones de los elementos influyentes sobre las características de grafitación de la aleación, se desea asegurar que el producto resultante del tratamiento calórico de grafitación muestre un contenido de carbono combinado de .20 a .80% con el balance del carbono bien distribuido en forma nodular o como copos. Esto asegurará un producto fácilmente mecanizable adecuado para la nitruración.

Los análisis de acero grafitico de los límites anteriormente mencionados son adecuados para muchas aplicaciones útiles distintas al uso de formar productos endurecidos al nitruro. Cuando se han tratado por calor y se han nitrurado, estas composiciones tienen muchas aplicaciones llenas de utilidad incluyendo además las que anteriormente se han indicado para los aceros grafiticos, tal como para camisas para cilindros, cuerpos de cilindros, piezas de inyectores de combustible para motores Diesel, camisas y forros de bombas, guías de válvulas, levas, bielas, forros, tambores de frenos, discos de embrague, engranajes, barras de taladros etc.

Aunque se han especificado los límites preferidos de proporciones y se han citado varios análisis específicos a modo de ejemplo y como ilustración de las composiciones que hemos hallado ser las más satisfactorias para el uso general, debe entenderse que no tenemos el propósito de que aquellas indicaciones limiten el marco de la invención, sino que nos reservamos todas las varia-

71076

25



13.-

5 ciones dentro del marco de las adjuntas reivindicaciones. Análogamente, donde se mencionan tratamientos por calor, elaboración y condiciones especiales de tratamiento, el invento deberá considerarse como limitado por los ejemplos particulares mencionados o por otros como se indica en el texto de las adjuntas reivindicaciones.

N O T A . -

10 La presente patente de invención comprende las siguientes reivindicaciones:

15 1.- Procedimiento para obtener productos de acero grafitico al nitruro caracterizado por el calentamiento de un acero grafitable conteniendo 1 - 2% de carbono y .5 - 2.5% de aluminio a una temperatura superior al límite de transformación, manteniendo tal temperatura hasta que el acero haya sido llevado esencialmente al estado austenítico, enfriando después rápidamente y calentando a continuación a una temperatura aproximada, pero inferior, al límite de transformación y manteniendo tal temperatura durante un periodo suficiente para desarrollar en el mismo una estructura caracterizada por la presencia de carbono grafitico finamente dividido y conteniendo de .20 a .80% de carbono combinado, calentando después dicho acero a una temperatura de nitruración al mismo tiempo que se pone en contacto dicho acero con un agente liberador de nitrógeno y continuando dicho tratamiento hasta que se haya formado una capa de temple de nitruro de la profundidad deseada.

25 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el acero grafitable usado en el procedimiento contiene aproximadamente .50 a 2.50% de aluminio, no más de .60% de cromo, no más de .75% de molibdeno, .20 a 1.00% de manganeso, .50 a

30

171076

25 S



14.-

5 1.75% de silicio y de 1 a 2% de carbono y ha sido preliminarmente fundido bajo condiciones que aseguran que el contenido de carbono del acero cuando es fundido en forma de lingote, exista principalmente en forma combinada y en lo que el acero así fundido es
10 preparado para el tratamiento de nitruración por calentamiento del lingote a una temperatura de forja, alrededor de 1850° F., y después forjado en caliente, después enfriado por aire y a continuación sometido a un tratamiento calórico grafitante como se especifica en la reivindicación 1 y finalmente se endurece superficialmente por nitruración.

15 3.- Procedimiento según las reivindicaciones 1 o 2, caracterizado porque el acero contiene, en adición a los otros elementos especificados, uno o más de los siguientes elementos en las proporciones indicadas: de .25 a 1.50% de cobre; de .10 a .30% de vanadio; colombio en una cantidad efectiva hasta .30%; circonio en una cantidad efectiva hasta .50%.

4.- Procedimiento para obtener productos de acero grafitico al nitruro.

20 Según se describe y reivindica en la presente memoria descriptiva y se ilustra con los dibujos que a la misma se acompañan.

Consta esta descripción de 14 hojas foliadas y escritas a máquina por una sola de sus caras.

Madrid, a 25 de Septiembre de 1945.

171078



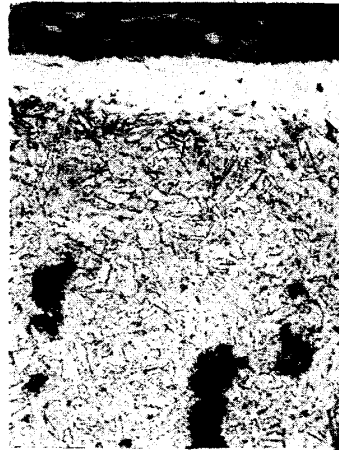
Fig. 1

CARGA DE FUNDICION " A "
Nitrurado durante 48 horas a 975° F
Secciones longitudinales - Grabado Nital



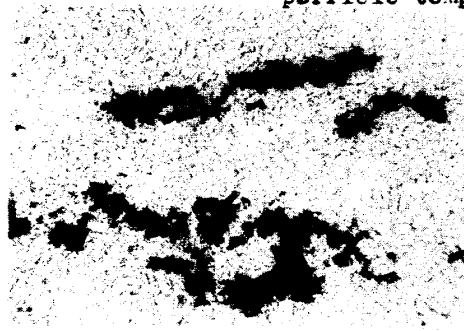
Superficie templada y
nucleo

100x



Estructura de la su-
perficie templada

500x



Estructura del nucleo

500x

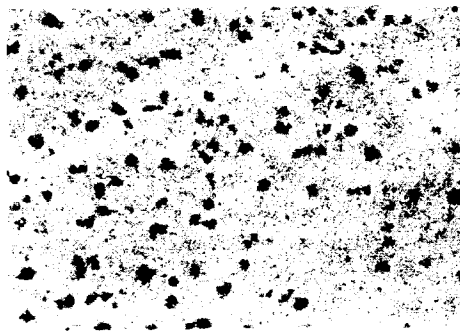


Fig. 3

CARGA DE FUNDICION " A "
Seccion transversal-Grabado Nital

Wells

179078



Fig. 2
"B"

CARGA DE FUNDICION
Nitrurado durante 48 horas a 975° F
Secciones longitudinales - Grabado Nital



Superficie templada y nucleo 100x



Estructura de la superficie templada 500x



Estructura del nucleo 500x

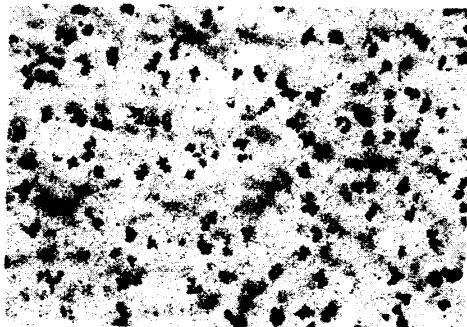


Fig. 4

CARGA DE FUNDICION "B"

Seccion transversal - Grabado Nital