

AM/



P A T E N T E   D E   I N V E N C I O N

a favor de

ALLIED PROCESS CORPORATION, domiciliada en  
NEW YORK ( E. U. )

por:

"Procedimiento para el tratamiento térmico de la  
fundición blanca"

---:---:---:---:---:---:---:---:---:---:---:---:---:---:---:---

M e m o r i a   D e s c r i p t i v a

5      La presente invención se refiere al tratamiento tér-  
mico de la fundición blanca y de una manera especial al tra-  
tamiento de piezas obtenidas de dicha fundición blanca, de  
composición química modificada por métodos que permiten ob-  
tener artículos de mejores propiedades físicas.

Con el nombre de "fundición blanca" se conoce una  
fundición que contiene apreciables cantidades de carbono y  
de sílice en proporciones tales que impiden que este produc-



1932

- 2 -

10 to pueda clasificarse como acero siendo, además, la riqueza en  
carbono o la proporción de carbono y sílice tales, que se im-  
pide la separación del carbono durante el enfriamiento de la  
fundición, lo que distingue a este material de la llamada fun-  
dición gris. Aunque este material no es dúctil y maleable en  
15 su forma inicial puede ser sometido a un tratamiento térmico  
a fin de comunicarle una cierta ductilidad y tenacidad.

En la práctica estos tratamientos se han efectuado has-  
ta ahora sometiendo las piezas de fundición a una temperatura  
relativamente elevada y dejándolas enfriar luego lentamente  
20 durante un periodo de seis a catorce días, para obtener lo  
que se conoce con el nombre de fundición maleable de "corazón  
negro", material que se caracteriza por su fractura de un co-  
lor negruzco con una zona externa blanca delgada. En siderur-  
gia este material se considera como una composición de hierro  
puro o ferrita, conteniendo carbono libre o "carbono de tem-  
25 ple" con una zona externa descarburada, es decir, de la cual  
se ha quemado la totalidad o parte del carbono.

También se conoce otra clase de fundición maleable,  
llamada "hierro de corazón blanco", que se obtiene tratando  
30 las piezas de fundición, generalmente de sección delgada, en  
forma tal que quede completamente descarburada.

En la práctica corriente, para obtener una fundición  
blanca que pueda ser sometida a un tratamiento térmico según  
los antiguos procedimientos se ha procurado obtener fundicio-  
35 nes que contengan de 1,90 a 3,00 por ciento de carbono, aproxi-  
madamente 0,16 por ciento de fósforo, menos de 0,10 por cien-  
to de azufre (si el hierro se prepara en un horno de reverbe-  
ro o una cantidad algo mayor de azufre si el hierro se prepa-  
ra en el cubilot<sup>2</sup>), y una cantidad de manganeso ligeramente ma-



17

- 3 -

40        yor que el doble del contenido en azufre ( $Mn - 2S = 0,15$ ),  
aún cuando se ha acostumbrado también a mantener mas baja  
la proporción de manganeso, por ejemplo, menor de 0,3 a 0,4  
por ciento.

45        Esta invención se refiere a la fabricación de produc-  
tos de mejor calidad que aún cuando se obtienen sometiendo  
la fundición a un tratamiento térmico sin eliminación apre-  
ciable de carbono o descarburación, no deben confundirse con  
lo que ha sido llamado hasta ahora "hierro maleable". El mé-  
todo de tratamiento, la composición del hierro y el producto  
50        obtenido pueden distinguirse todos ellos de dicho "hierro ma-  
leable". La fundición blanca sometida al tratamiento térmico  
o aleaciones ricas en carbón obtenidas según esta invención,  
pueden presentar una resistencia a la tracción superior a  
7000 kg. por  $cm^2$  con alargamientos apreciables o bien pueden  
55        obtenerse con una menor resistencia a la tracción pero con  
una mayor ductilidad, en espacios de tiempo relativamente  
cortos. Estas propiedades físicas pueden comunicarse selec-  
tivamente al producto final, variando la naturaleza del tra-  
tamiento térmico o el contenido en manganeso y por lo que a  
60        esto se refiere debe observarse que, otra condición importan-  
te, consiste en el valor de la diferencia entre el contenido  
en manganeso y el doble del contenido en azufre ( $Mn - 2S$ ),  
que puede calcularse entre 0,40 y 1,00 en los casos ordina-  
rios. En estas aleaciones se observa generalmente una estruc-  
65        tura esferoidal.

Conforme con esta invención, estas diversas aleacio-  
nes se obtienen, en general, fundiendo hierro, carbón, sili-  
ce, azufre y fósforo en las proporciones empleadas usualmen-  
te en la práctica, pero añadiendo la cantidad suficiente de



C. 1932

70 manganeso o de hierro de primera fusión con un gran contenido de manganeso, a fin de obtener la elevada riqueza en manganeso deseada en el producto final. Son suficientes en general cantidades de manganeso comprendidas entre 0,60 y 1,50 por ciento aun cuando si se desea pueden emplearse cantidades  
75 mayores dependiendo hasta cierto punto la cantidad exacta, de las proporciones relativas de los demás componentes, de la duración y temperatura del tratamiento térmico, etc.

El tratamiento térmico en si consiste esencialmente en someter las piezas de fundición a una temperatura superior  
80 a la crítica durante un periodo de tiempo, suficientemente largo para producir una reacción primaria de descomposición de la cementita libre en la fundición blanca. Esta reacción tiende a alcanzar un equilibrio y la fundición en este estado puede ser enfriada para determinados objetos. Es sin embargo,  
85 ventajoso, someter la fundición a otro tratamiento térmico a una temperatura o temperaturas próximas o inferiores a la crítica. En presencia de un retrasador, como un exceso de manganeso, se producirán una nueva serie de reacciones químicas unas y físicas otras. En estas aleaciones, las reacciones físicas  
90 se producen con mucha mayor rapidez que las químicas y por tanto las piezas de fundición deben someterse durante un periodo determinado de tiempo a las temperaturas en las que tienen lugar estas reacciones físicas y químicas, pudiendo luego ser enfriadas y emplearlas. En ausencia de algún retrasador de las  
95 reacciones químicas, en algunos casos es muy difícil efectuar un cambio físico previamente determinado por debajo de la temperatura crítica sin que tenga lugar al mismo tiempo una transformación química. Adicionando manganeso como retrasador de las reacciones químicas puede efectuarse el cambio físico sin



100 que se produzca cambio químico, a temperaturas inferiores y dentro de periodos razonables de tiempo, obteniéndose así una economía en el trabajo. Si se desea, puede prolongarse el tratamiento térmico a las temperaturas inferiores, de manera que tengan lugar tanto cambios químicos como cambios físicos. Se  
105 ha observado que estos cambios químicos pueden conseguirse en periodos de tiempo menores de cinco días y que la reacción se produce a una velocidad tal que permite su regulación de manera que pueda obtenerse una reacción parcial física o química o una reacción totalmente física y parcialmente química, y puede considerarse terminada la reacción, cuando las piezas de fundición han sufrido un cambio tal que hayan adquirido las propiedades deseadas.

115 Para el tratamiento térmico debe usarse un horno que puede cerrarse hermeticamente al aire y que se calienta por la electricidad. En esta clase de hornos las piezas de fundición no se descarburan en cantidad considerable ni se oxida el metal.

120 Suponiendo que se han preparado unas piezas de fundición blanca conveniente, la fase inicial del tratamiento térmico consiste en someter estas piezas a temperaturas por encima de la crítica con objeto de descomponer la cementita o carburo de hierro libre. En la práctica esto puede conseguirse sometiendo la fundición a una temperatura de 915° C. que se miden en el pirómetro del horno. No es conveniente calentar demasiado rápidamente ya que el carbón tendería a separarse en un número excesivo de núcleos, mientras que si el calor se aplica lentamente, por ejemplo, por un periodo de doce a quince horas, el carbón tiende a emigrar hacia núcleos previamente establecidos reduciéndose así el número total de núcleos



130 de carbón y aumentándose las propiedades deseadas para el  
producto final. Pueden emplearse temperaturas comprendidas  
entre el límite superior de orden crítico y una temperatura al-  
go inferior de fusión incipiente; la temperatura específica  
135 dada, resulta conveniente para obtener buenos resultados. Cuan-  
do se trata de fundiciones que contienen cantidades normales  
de carbono y sílice, y las cantidades de manganeso indicadas  
mas adelante, el calor a 915° C. debe mantenerse durante diez  
y ocho a treinta y seis horas, con objeto de alcanzar el es-  
tado de equilibrio a la totalidad de la reacción de descompo-  
140 sición de la cementita.

Terminado el tratamiento térmico a temperatura eleva-  
da, la carga se retira del horno y se reduce su temperatura  
a una velocidad tal que, por ejemplo, toda la carga alcance  
la temperatura del rojo oscuro o del rojo cereza, aproxima-  
145 damente en ochenta y cinco minutos. Se ha observado, que la  
rapidez del enfriamiento es esencial para las características  
del producto final. Si, por ejemplo, se efectúa un enfriamien-  
to demasiado rápido, enfriando por medio del aceite, pueden  
obtenerse resultados satisfactorios. También, si se utiliza  
150 un enfriamiento por aire tal como se ha indicado en el ante-  
rior ejemplo practico, pueden obtenerse asimismo resultados  
satisfactorios. En el primer caso el enfriamiento se verifica  
tan rapidamente que no puede separarse la cementita o carbón  
combinado; existe la tendencia para tal separación pero el  
155 enfriamiento es tan rápido que no puede tener lugar. En el  
segundo ejemplo, la cementita puede separarse, pero se sepa-  
ra en una forma que la hace susceptible de un segundo trata-  
miento en forma satisfactoria. Entre estos dos límites, cuando  
el enfriamiento no es tan rápido que venza la tendencia a la



932

160 separación o es tan lento que satisfaga al segundo criterio, se separa una cantidad mayor o menor de carbón combinado en forma de carburo granuloso y este efecto no es compatible con la obtención de las mejores propiedades finales. Sin embargo, es preciso no olvidar que el enfriamiento no debe ser tan

165 lento que permita que el carburo separado se descomponga en ferrita y carbón de temple, ya que si esto sucediera apenas podría tenerse certeza de la naturaleza de la fundición para llegar a resultados uniformes en la práctica. Se comprenderá que pueden existir ocasiones en que no sea necesario preveer

170 exactamente la rapidez de enfriamiento, pero al exponer los principios de esta invención en términos del trabajo práctico, parece conveniente llamar la atención acerca de las diversas fases del ciclo de tratamiento térmico.

La operación siguiente del proceso consiste en someter las piezas de fundición, a un segundo tratamiento térmico a una temperatura algo inferior a la temperatura crítica, es decir, entre 620 y 750° C., a fin de comunicar a las piezas de fundición las propiedades deseadas. En esta operación se producen diferentes reacciones físicas y reacciones químicas. La

175 mayor de las acciones físicas parece consistir en un reajuste de los componentes de la fundición, mientras que la acción química consiste en una descomposición del carbón combinado o cementita, o la que se produce en la perlita al transformarse en ferrita y carbón de temple. Estas reacciones no avanzan a

180 igual velocidad, ni la velocidad relativa es la misma a diferentes temperaturas. Se ha observado que, proporciones elevadas de un retardador, como el manganeso en exceso, actúan principalmente sobre las reacciones químicas y por consiguiente, regulando convenientemente las relaciones de tiempo, tempera-



190 tura, cantidad de manganeso u otro retardador, pueden obtenerse productos finales dotados de propiedades que dependen del efecto resultante de las variables reguladas. Una vez terminadas las reacciones a baja temperatura las piezas de fundición se retiran del horno y se enfrían debiéndose enfriar de preferencia rápidamente, a fin de evitar la tendencia a que las reacciones continúen más allá del punto deseado.

195 Se ha observado que a bajas temperaturas, por ejemplo, por debajo de 645° C. las reacciones progresan lentamente y que para la práctica usual es conveniente emplear temperaturas comprendidas entre 645 y 730° C., generalmente durante un periodo de tiempo de 10 a 60 horas.

200 A fin de demostrar concretamente los resultados que pueden obtenerse en la práctica podemos referirnos a los resultados obtenidos en el ensayo de algunas probetas procedentes de diversas partidas de material. La observación de estos resultados nos ofrece ciertas generalidades que pueden resumirse en la forma siguiente: Cuando se emplea manganeso como retardador en cantidades comprendidas entre 0.60 y 1,4 por ciento (con un contenido normal en azufre), la resistencia de la fundición aumenta con el contenido de manganeso, mientras que disminuye la ductilidad y otras propiedades permanecen inalteradas. Con el mismo contenido de manganeso el tratamiento prolongado aumenta la ductilidad con alguna disminución en la resistencia final. Los efectos del tiempo y de la temperatura, parecen no ser funciones lineales una de otra, pero para un contenido conveniente de retardador existe aparentemente una temperatura media inferior a la crítica en la que existe dicha relación. El efecto de aumentar la cantidad de manganeso estriba en disminuir la temperatura crítica y por consiguiente, la

205

210

215



20 velocidad de reacción a la misma temperatura puede acelerarse aumentando el contenido en manganeso.

225 En estos ejemplos, la fundición ha sido calentada por encima de la temperatura crítica a una temperatura de 915 ° C., durante unas 24 horas y se ha enfriado luego lentamente. El tratamiento térmico representado en la tabla, indica la temperatura y duración del tratamiento por debajo de la temperatura crítica.

TABLA DE EJEMPLOS

|     | Propiedades físicas      |                          |                         | Composición Química |           |      |      | Tratamiento térmico |       |    |
|-----|--------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------|-----------|------|------|---------------------|-------|----|
|     | Resistencia total kg/cm. | Punto elasticidad kg/cm. | Alargamiento % en 5 cm. | Mn %                | (Mn-2S) % | C %  | Si % | Temp. °C            | Horas |    |
| 230 |                          |                          |                         |                     |           |      |      |                     |       |    |
| 235 | 1                        | 4566                     | 3423                    | 18.2                | 0.61      | .45  | 2.32 | 0.95                | 675   | 60 |
|     | 2                        | 5215                     | 3452                    | 15.7                | 0.61      | .46  | 2.32 | 0.94                | 730   | 20 |
|     | 3                        | 5420                     | 3648                    | 18.2                | 0.75      | .58  | 2.37 | 0.92                | 705   | 60 |
|     | 4                        | 5817                     | 3850                    | 17.0                | 0.82      | .65  | 2.09 | 1.11                | 705   | 20 |
|     | 5                        | 6090                     | 3955                    | 12.3                | 0.75      | .59  | 2.37 | 0.92                | 730   | 20 |
| 240 | 6                        | 6307                     | 4151                    | 11.0                | 0.98      | .82  | 2.45 | 0.82                | 705   | 20 |
|     | 7                        | 6517                     | 4298                    | 10.3                | 1.14      | .98  | 2.38 | 0.86                | 705   | 20 |
|     | 8                        | 7049                     | 4606                    | 8.2                 | 1.14      | .98  | 2.40 | 0.88                | 645   | 60 |
|     | 9                        | 7049                     | 5265                    | 5.0                 | 1.39      | 1.23 | 2.39 | 0.95                | 645   | 40 |

245 Puede usarse mas de 1.4 % de manganeso, pero sus efectos beneficiosos no son tan pronunciados, como se observa en la tabla siguiente:



| Mn%  | Horas   | Temp.  | Resistencia total kg./cm. | Punto elast. kg/cm. | Alargamiento % en 5 cm. |
|------|---------|--------|---------------------------|---------------------|-------------------------|
| 0.77 | 10 hrs. | 705°C. | 6916                      | 5733                | 6                       |
| 1.47 | "       | "      | 6769                      | 5761                | 3.5                     |
| 2.09 | "       | "      | 4158                      | 4158                | 0                       |
| 2.95 | "       | "      | 5012                      | 5012                | 0                       |

250

255

260

Se comprenderá por consiguiente que los datos indicados en la tabla anterior dan unicamente una idea de la forma en que puede aplicarse esta invención en la práctica y que las correcciones en cuanto a tamaño de las piezas de fundición, contenido en carbón, temperaturas de la colada y otras análogas, son ya conocidas en la práctica actualmente, y pueden emplearse conjuntamente con las indicaciones anteriores para adaptar esta invención a una gran variedad de usos.

265

Se comprenderá también que esta invención puede utilizarse para la producción de artículos de fundición blanca con una resistencia superior a 7000 kg. por cm<sup>2</sup>. Algunos de los resultados que pueden obtenerse se indican en la tabla siguiente:

| Resistencia total | Punto elasticidad. % en 5 cm. | Alargamiento % en 5 cm. | Mn   | C    | Si.  | Temp.  | Horas |
|-------------------|-------------------------------|-------------------------|------|------|------|--------|-------|
| 7160              | 6426                          | 6 %                     | 0.62 | 2.43 | 0.99 | 645°C. | 10    |
| 7980              | 6888                          | 5 %                     | 0.77 | 2.43 | 0.99 | 645°C. | 10    |
| 7329              | 6391                          | 4.5 %                   | 1.04 | 2.43 | 0.99 | 645°C. | 10    |
| 7095              | 5138                          | 9 %                     | 0.77 | 2.43 | 0.99 | 645°C. | 10    |

270

275

Las piezas de fundición blanca o las aleaciones obtenidas según los principios antes indicados, se distinguen bajo varios aspectos de la fundición maleable corriente o hierros perlíticos de composición normal. Entre otras cosas las piezas de fundición obtenidas según esta invención, aun cuando



sean sometidas a un tratamiento prolongado, presentan resistencias notablemente mayores que las de las conocidas hasta ahora; mientras que una resistencia final a la tracción de 3850 kg. por  $\text{cm}^2$  se ha considerado hasta ahora como muy elevada para la fundición maleable, las composiciones obtenidas según esta invención presentarán normalmente resistencias finales de mas de 4400 por  $\text{cm}^2$  con puntos de elasticidad y alargamientos comparables. Estas piezas de fundición se distinguen, también, de las composiciones usuales de fundición maleable en que contienen practicamente cantidades mayores de manganeso u otro retardador conveniente que lo que se ha considerado permisible hasta ahora, ya que por ejemplo, la diferencia entre el contenido en manganeso y en azufre es usualmente un factor que excede de aproximadamente 0,4 por ciento. Tal como se dirá esta modificación en la composición química ejerce un efecto definido en las propiedades finales del material a causa de su acción durante el ciclo de recocido.

Metalograficamente estas composiciones se distinguen también, de las anteriormente conocidas en que después de corroidas y amplificadas revelan una estructura esferoidal, cuya proporción variará con las propiedades físicas, la composición química y el tratamiento térmico al cual se ha sometido la aleación. Las aleaciones de elevada resistencia ofrecen un aspecto granular que se extiende practicamente por toda la sección mientras que las aleaciones de menor resistencia ofrecen el mismo aspecto en la forma de núcleos de cementita esparcidos por una matriz de ferrita. Las aleaciones contienen también carbón de temple, demostrándose así que el material es distinto del acero. Según los conocimientos actuales este efecto es-



305 feroidal no ha sido obtenido hasta ahora en el tratamiento de la fundición blanca y especialmente en aleaciones dotadas de las propiedades físicas y químicas de las composiciones de que se trata.

310 La existencia de este efecto parece ser que indica cambios físicos durante el tratamiento térmico, que se producen con preferencia a los cambios de composición química o descomposición de la cementita o carburo de hierro. Sin que se intente limitarse a una determinada teoría de la operación, ya que los resultados indicados pueden ser independientes de tal teoría, puede decirse que se cree que esta preferencia por el cambio físico se obtiene en las condiciones de regulación indicadas para el tratamiento térmico, empezando como una fundición blanca cuya composición está modificada en el sentido de contener un exceso de retardador conveniente para la descomposición de la cementita perlítica.

320 Empleando un exceso de retardador en combinación con un ciclo como el descrito, en el cual pueden regularse las reacciones por debajo del punto crítico, podemos obtener de preferencia cambios físicos como el representado por el efecto esferoidal indicado. Por tanto bajo este aspecto, la invención no se limita al empleo de tantos por ciento de manganeso o de un factor manganeso-azufre como el indicado en los ejemplos anteriores, sino que puede emplearse la adición de otros agentes dotados de efecto retardador. Sin embargo para diversos fines de la práctica no están indicados otros agentes. Así, por ejemplo, en la práctica se evita el empleo de metales como el cromo, vanadio, molibdeno y otros ya que su introducción en el horno, contamina las cargas sucesivas de material de composición normal, dando origen a serias dificultades operatorias. Sin embargo, cuando



335 estas dificultades no son inminentes pueden emplearse estos otros retardadores en pequeñas proporciones, en substitución del elevado tanto por ciento de manganeso específicamente propuesto.

340 Bajo otro punto de vista se verá que la invención comprende la relación entre el ciclo de tratamiento térmico y la composición, en forma tal que se obtengan propiedades físicas mejoradas en la fundición y que dicha relación puede identificarse frecuentemente por la condición esferoidal de la cementita residual. Con relación al efecto esferoidal, se comprenderán  
345 así mismo que si el material obtenido conforme esta invención es sometido luego al tratamiento térmico como puede hacerse para endurecer al metal, el efecto esferoidal puede quedar disimulado. Sin embargo, en estos casos la gran dureza del material en relación con las demás características puede atribuirse a ello.

350

N O T A

Se reivindica como objeto de esta patente:

1) Un procedimiento para la obtención de fundición blanca tratada térmicamente, caracterizado por comprender el calentamiento del hierro blanco a una temperatura superior a la temperatura crítica en presencia de un retardador de la descomposición de la cementita perlítica, a temperaturas inferiores a la temperatura crítica, el enfriamiento de dicho hierro blanco por  
355 bajo la temperatura crítica y seguidamente la conservación del hierro blanco a una temperatura inferior a la temperatura crítica, durante un tiempo suficiente para comunicar al mismo las  
360 características deseadas, de resistencia a la tracción alargamiento, ductilidad y otras.

2) Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado en que el hierro blanco se calienta a una temperatura por



C. 1932

- 14 -

365 encima de la temperatura crítica en presencia de manganeso en cantidad por lo menos de 0'6 % , y durante un tiempo suficiente para efectuar la descomposición sensiblemente de toda la cementita maciza y después del enfriamiento el hierro es sometido a una temperatura inferior a la temperatura crítica durante un tiempo suficiente para comunicar a la fundición final una resistencia a la tracción superior a 4.375 Kg por  $\text{cm}^2$ , una ductilidad apreciable y una estructura esferoidal.

370  
375 3) Procedimiento según las reivindicaciones 1 o 2, caracterizado en que el hierro blanco es calentado en presencia de una proporción de manganeso comprendida entre 0'6 y 1'5 %.

380 4) Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 á 3 caracterizado en que la diferencia entre el contenido de manganeso y el doble del contenido de azufre en el hierro está comprendida entre 0'40 y 1'25, y caracterizado, además, en que la fundición está sometida a una temperatura por encima de la temperatura crítica durante un periodo de 18 a 36 horas.

385 5) Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 caracterizado por el hecho de que el hierro blanco es, en primer lugar, calentado a una temperatura de alrededor de 925 grados centígrados y, después de haber sido enfriado a una temperatura mas baja que el punto crítico, es calentado hasta una temperatura de 620 grados a 730 grados centígrados.

390 6) Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por el hecho de que el calentamiento a una temperatura superior a la temperatura crítica así como el calentamiento a una temperatura mas baja que la crítica se efectua en una atmosfera no oxidante.

7) Procedimiento para el tratamiento térmico de la



1932

- 15 -

fundición blanca.

Barcelona 17 de diciembre de 1932.

P. A.

*Antoni Gual*