



Esta invención se refiere a un método para la producción de una cubierta nitrurada dura en la superficie de componentes de acero o de otra base férrea.

5 El procedimiento de nitruración gaseosa del acero es muy conocido y es de un amplio uso industrial. En su forma básica, el acero se calienta a temperaturas típicamente del orden de los 490 a 550°C, en una atmósfera de gas amoníaco, el cual, como resultado de la temperatura y de la presencia de superficies metálicas catalíticas, se disocia en nitrógeno e hidrógeno nacientes. El nitrógeno naciente se combina con el componente de acero para formar una capa nitrurada, duradera y dura, con unas propiedades tecnológicas deseables.

10 Como el procedimiento de nitruración es un fenómeno de difusión, la penetración del nitrógeno en el acero crea un gradiente de nitrógeno, con su concentración máxima en la superficie externa. La tendencia del nitrógeno a ser absorbido por el acero es función de la actividad relativa del nitrógeno naciente en la atmósfera del horno. Esta actividad se denomina potencial de nitruración, el cual depende, entre otros factores, de la composición química de la atmósfera, en particular de la proporción de nitrógeno naciente a los otros constituyentes gaseosos.

25 En los procedimientos de nitruración convencionales, el acero queda, después del tratamiento, con una capa muy rica en nitrógeno, en la superficie extrema. Durante el procedimiento, esta capa sirve para proporcionar una reserva de nitrógeno a fin de alimentar nitrógeno al interior del acero, para producir la profundidad necesaria

de la capa nitrurada, pero resulta muy indeseable la capa residual rica en nitrógeno al final del procedimiento. Comúnmente, se designa como "capa blanca", debido a su aspecto al ser examinada al microscopio. Se ha demostrado que  
5 consiste en las fases  $Fe_2N$  (fase  $\Sigma$ ) y  $Fe_4N$  (fase  $\gamma'$ ), y es típicamente de una profundidad del orden de los 0,0203 mm. Durante el uso del componente nitrurado, la capa blanca rica en nitrógeno puede exfoliarse y desprenderse, provocando un daño, por ejemplo, en los cojinetes que soportan un  
10 eje nitrurado giratorio, tal como un cigüeñal.

Se han efectuado numerosos intentos para evitar o reducir la capa rica en nitrógeno en la superficie del componente. Un ejemplo consiste en reducir el potencial de nitruración de la atmósfera gaseosa del horno, mediante la introducción de una mezcla de un segundo gas, por  
15 ejemplo hidrógeno o nitrógeno, en el amoníaco utilizado para producir el efecto de nitruración.

La invención proporciona un método de nitrurar un componente de base férrea, que comprende someter al componente calentado, que ha sido sometido previamente, al ser calentado, a una atmósfera de amoníaco, a una atmósfera de gas inerte para el componente a la temperatura del  
20 componente en el gas inerte.

Cuando el componente calentado se somete al gas inerte, el nitrógeno procedente de la capa superficial ("blanca") rica en nitrógeno se difunde en el componente y en la atmósfera, sin que sea reemplazado continuamente, como lo era en el amoníaco. La capa rica en nitrógeno que  
25 da así reducida o eliminada en el método de la invención.  
30 En comparación con los intentos anteriores para reducir la

5 -capa rica en nitrógeno, intentando regular la naturaleza y la cantidad de la capa rica en nitrógeno, residual, en el componente nitrurado, mediante la reducción del potencial de nitrógeno durante la totalidad del procedimiento de nitruración, mediante la mezcla de un segundo gas con el amoníaco, en el método de la invención se emplea una etapa separada, la cual, mediante una apropiada selección de las secuencias de temperatura, tiempo y caudal de gas, reduce o elimina la presencia de las fases de capa blanca indeseables en la superficie nitrurada.

10  
15 Ventajosamente, la temperatura del componente en el gas inerte se encuentra entre 450°C y 600°C, preferiblemente entre 490°C y 550°C. El componente puede ser sometido al gas inerte durante por lo menos 20 horas y, preferiblemente, entre 20 y 60 horas.

20 Ventajosamente, la temperatura del componente cuando éste fue sometido al amoníaco, estaba comprendida entre 450°C y 600°C, y el tiempo durante el cual aquél fue sometido al amoníaco, estaba comprendido entre 20 y 60 horas.

Ventajosamente, las etapas de someter el componente al amoníaco y de someter el componente al gas inerte, se realizan consecutivamente, reemplazando el gas inerte al amoníaco.

25  
30 La temperatura del componente en ambas etapas de la operación de nitruración, y el tiempo consumido por ambas etapas, afectan a la calidad de la cubierta nitrurada, y estas cantidades son hasta cierto punto interdependientes. Así, por ejemplo, una temperatura más baja proporcionaría una mejor dureza, pero requeriría un tiempo

más prolongado. Igualmente, una temperatura más alta requeriría un tiempo más corto, mientras que la cubierta podría no ser tan dura. Así, la duración total de las dos etapas puede encontrarse en la zona de las 67 a 97 horas, a una temperatura comprendida entre 495°C y 505°C, o en la zona de las 43 a las 53 horas, a una temperatura comprendida entre 535°C y 545°C. La primera parte (por ejemplo, la primera quinta o cuarta parte) del procedimiento puede realizarse a una temperatura ligeramente más baja, por ejemplo de unos 510°C en el segundo caso. La relación del tiempo en el gas inerte, al tiempo total en el gas inerte y en el amoníaco, puede estar entre un cuarto y tres cuartos, pero, preferiblemente, se está en la zona de un medio. Así, el ciclo de nitruración está dividido típicamente en dos mitades iguales. En la primera etapa, se puede introducir gas amoníaco en un horno calentado, a un caudal previamente determinado, y se deja que el componente de acero o de otra base férrea absorba nitrógeno de una manera similar a la de un horno de nitruración convencional, incluída la producción en la superficie de la acostumbrada capa blanca rica en nitrógeno. En la segunda etapa, la temperatura del horno puede mantenerse, pero se interrumpe el flujo de gas amoníaco, y se sustituye por gas nitrógeno, a un caudal similar.

Como en la nitruración convencional, se hace que el amoníaco fluya más allá del componente, dependiendo el caudal del volumen del horno en el que el componente está situado: por ejemplo, en un horno de 1530 litros, sería suficiente un caudal de 255 litros por hora, pero servirían también los 708 litros por hora y caudales superiores.

Aunque puede encerrarse herméticamente el gas inerte en el horno para la segunda etapa del procedimiento, es conveniente un flujo de este gas, porque además de expulsar el amoníaco, puede mantenerse una ligera presión con un flujo del gas, evitando de este modo problemas de tener que hacer al horno estanco a los gases.

En lo que respecta a la composición de los componentes, pueden utilizarse en general en el procedimiento de la invención, cualesquiera de los aceros utilizados para la nitruración convencional. Por ejemplo, puede utilizarse el acero BS 970 (es decir, EN 40B, que es un acero al molibdeno con 3% de cromo; EN19 que es un acero al molibdeno con 1% de cromo; o EN41A, que es un acero al aluminio con 3% de cromo); o puede utilizarse un acero al molibdeno con 2% de cromo. Alternativamente el procedimiento puede utilizarse con un componente de cualquier otra base férrea que se desee nitrurar, por ejemplo, acero dulce o incluso fundición de hierro.

El gas inerte puede ser un gas noble, por ejemplo argón, pero se prefiere el nitrógeno por su baratura.

#### Ejemplo

Componentes hechos de un acero para nitruración convencional, que contenía nominalmente 0,25 % de carbono, 3,00 % de cromo y 0,5 % de molibdeno, se colocaron en un recipiente de nitruración de 1.586 litros de capacidad. Después de expulsar de él el aire, éstos fueron nitrurados durante un tiempo total de 48 horas.

Durante las primeras 12 horas del procedimiento

to, la temperatura del horno se aumentó hasta 510°C y se mantuvo a esta temperatura, y durante las 36 horas restantes, se aumentó la temperatura a 540°C y se mantuvo en este valor. Durante las primeras 26 horas del procedimiento, el flujo de gas consistió en 255 litros por hora de gas amoníaco, y durante las 22 horas restantes, consistió en 255 litros por hora de gas nitrógeno. Como alternativa, el flujo de gas amoníaco podría durar 24 horas, y el flujo de nitrógeno, 24 horas, con los mismos caudales.

Al cabo de este tiempo, se retiró del horno el recipiente de nitruración, y se dejó enfriar, manteniendo una atmósfera de gas nitrógeno durante el enfriamiento.

Después de este tratamiento, se encontró que los componentes de acero estaban esencialmente libres de la capa blanca indeseable. En la superficie extrema había una capa negra de principalmente hierro puro, de un espesor de 0,0127 mm, que estaba sobrepuesta a una cubierta nitrurada normal de una profundidad total de 0,635 mm, siendo la profundidad de la cubierta de 0,254 mm y de una dureza 600 (número de la pirámide de Vickers).

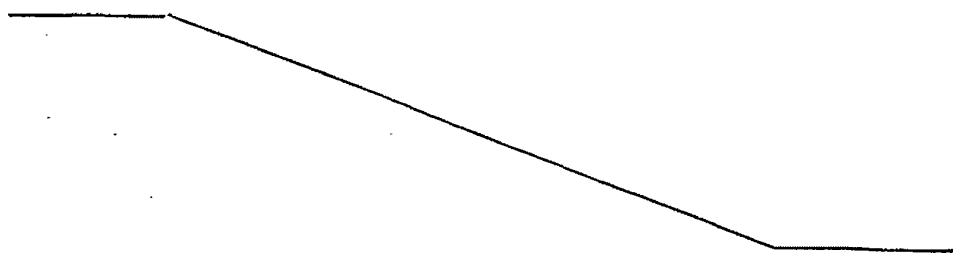
Debido al fenómeno de difusión mencionado anteriormente, la capa rica en nitrógeno de superficie se disipa gradualmente, en parte por difusión al interior del acero para producir características de cubierta nitrurada deseable y, en parte, a la atmósfera del horno. La atmósfera de gas nitrógeno presente en la segunda etapa del procedimiento, no tiene ninguna de las propiedades asociadas al nitrógeno naciente producido por la descomposición del gas amoníaco en la nitruración convencional, y puede ser considerada, por lo tanto, como inerte o incluso como po-

seedora de un potencial de nitruración negativo.

Como resultado del agotamiento del nitrógeno desde la capa rica en nitrógeno que había sido formada durante la primera mitad del procedimiento, la capa superficial existente sobre el componente consiste en hierro puro (hierro  $\alpha$ ) que es blando y no tiene ninguna de las características indeseables de dureza y de fragilidad del material de la capa blanca. Esta capa de hierro  $\alpha$  (puesto que aparece negra bajo el microscopio y por analogía con el término de capa blanca) puede denominarse "capa negra" y es típicamente del orden de los 0,0127 mm de espesor. Si se desea, puede ser fácilmente eliminada mediante técnicas normales de lapidado.

La cubierta nitrurada normal sobre el componente, subyacente a la capa negra producida por el presente procedimiento, posee propiedades físicas satisfactorias y difiere poco, si es que difiere algo, de la cubierta producida mediante la nitruración convencional. Los tiempos, caudales de gas y temperaturas empleadas en el presente procedimiento, pueden variarse de tal modo que se produzca la dureza y la profundidad de la cubierta deseadas para la cubierta nitrurada.

El componente puede ser un cigüeñal o una parte de una caja de engranajes o de un diferencial.



REIVINDICACIONES

5 Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los que se recogen en las reivindicaciones siguientes:

10 1ª.- Un método de nitrurar un componente de base férrea, que comprende someter el componente calentado, que ha sido sometido previamente a una atmósfera de amoníaco al ser calentado, a una atmósfera de gas inerte para el componente, a la temperatura del componente en el gas inerte.

15 2ª.- Un método como se reivindica en la reivindicación 1ª, en el cual la temperatura del componente en el gas inerte se encuentra entre 450°C y 600°C.

20 3ª.- Un método como se reivindica en la reivindicación 2ª, en el cual la temperatura se encuentra entre 490°C y 550°C.

4ª.- Un método como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1ª a 3ª, en el cual el componente se somete al gas inerte durante 20 horas por lo menos.

25 5ª.- Un método como se reivindica en la reivindicación 4ª en el cual el componente se somete al gas inerte durante un periodo comprendido entre 20 y 60 horas.

6ª.- Un método como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1ª a 4ª, en el cual el gas inerte es nitrógeno.

30 7ª.- Un método como se reivindica en cualquiera



ra de las reivindicaciones 1ª a 6ª, en el cual el gas inerte se alimenta más allá del componente, a un caudal predeterminado.

5 8ª.- Un método como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1ª a 7ª, en el cual la temperatura del componente, cuando éste fue sometido al amoníaco, estaba comprendida entre 450°C y 600°C.

10 9ª.- Un método como se reivindica en la reivindicación 8ª, en el cual el componente fue sometido al amoníaco durante un periodo comprendido entre 20 y 60 horas.

15 10ª.- Un método como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1ª a 9ª, en el cual las operaciones de someter el componente al amoníaco, y de someter el componente al gas inerte, se realizan consecutivamente, reemplazando el gas inerte al amoníaco.

11ª.- UN METODO DE NITRURAR UN COMPONENTE DE BASE FERREA.

20 Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede y para los fines que se han especificado.

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

Madrid, 14. JUL. 1978

P.A.

25  
Oscar de Eizaburu  
Por Poder.



30

19068

MPB.-

