

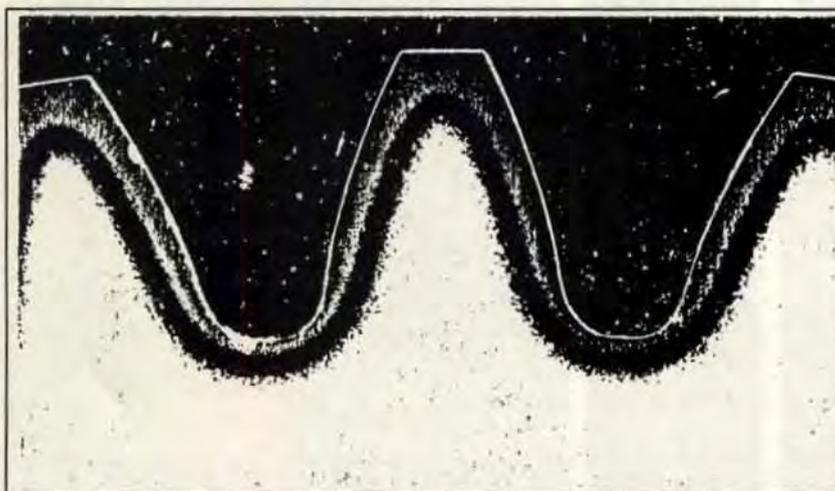
CEMENTACIÓN EN MEDIO SÓLIDO - EN CAJA

Por: Ing. LUIS FERNANDO GOMEZ

Instructor técnico - SENA - ASTIN

INTRODUCCION

La cementación es un tratamiento termoquímico superficial que consiste en saturar con carbono la capa superficial de piezas de acero de bajo contenido



Engranaje apropiadamente cementado, templado y revenido atacado químicamente con nital al 2% 7X.

FIG. 1

de carbono (hasta 0.25 % de C), utilizando un medio adecuado llamado " Carburizador " o "Cementante" que puede ser sólido, líquido o gaseoso (figura 1).

La cementación se realiza a temperaturas superiores a A_{c3} (900 - 950° C), alcanzándose contenidos de carbono en la capa superficial de 0.8 a 1.2% y espesores de 0.8 a 1.4 mm. dependiendo del medio cementante y del tiempo de sostenimiento a la temperatura de cementación. En la figura 2, se observa la distribución ideal del carbono a través de la superficie de la pieza, se puede apreciar que el tránsito desde la capa cementada al núcleo es suave y progresivo con lo que se previenen, debido a menores tensiones y a mayor uniformidad estructural, desconchamientos de la capa cementada.

Según el medio que se utilice como carburizador, la cementación puede ser SOLIDA, LIQUIDA o GASEOSA. A continuación se trata brevemente cada

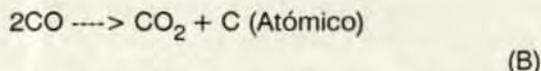
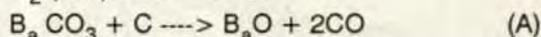
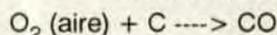
una de ellas haciendo mayor énfasis en la cementación con medio sólido (cementación en caja) por ser la que ofrece mayores posibilidades en nuestro medio por su sencillez y bajo costo en equipo.

1. GENERALIDADES:

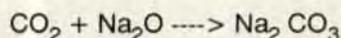
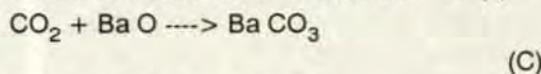
La cementación en caja es un proceso en el que el monóxido de carbono (CO), derivado de un

componente sólido (mezcla cementante), se descompone en la superficie del metal en carbono naciente (atómico) y dióxido de carbono (CO_2). El carbono naciente penetra la superficie del acero y el dióxido de carbono reacciona inmediatamente con el material carbonoso presente en el cementante sólido para producir nuevo monóxido de carbono. La formación de monóxido de carbono puede ser aumentada por el efecto de "activadores" que se incorporan al material cementante, tales como: Carbonato de Bario ($BaCO_3$), Carbonato de Sodio (Na_2CO_3) y Carbonato de Potasio (KCO_3), los cuales aumentan la cantidad de Monóxido de Carbono en la caja y facilitan la reducción de Dióxido de Carbono regenerándose así la cantidad de activador.

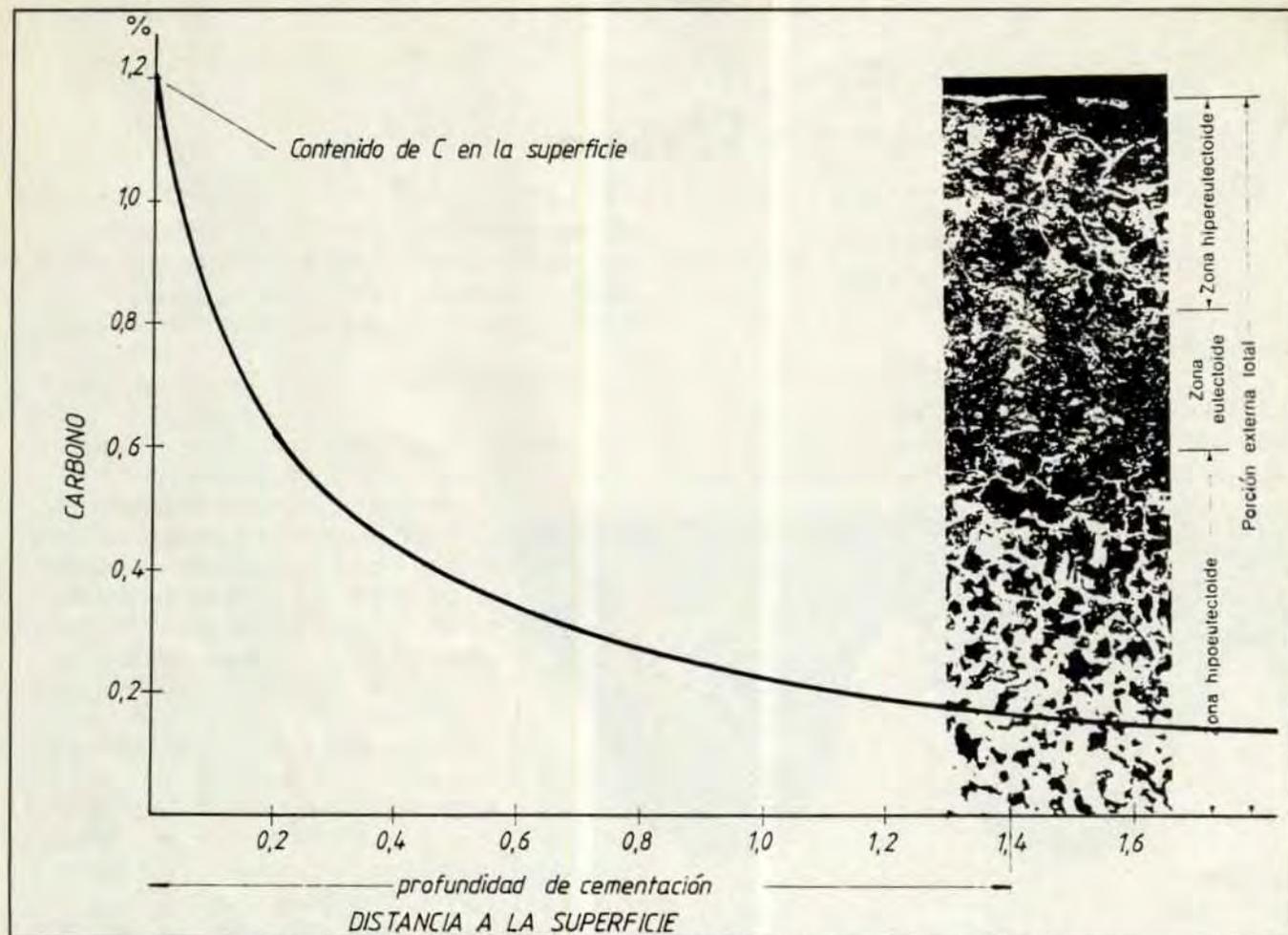
Las reacciones que se generan durante la cementación sólida son: (1)



el carbono atómico se difunde en γ^F (c)



(1) Otras versiones sobre las reacciones puede verse en J. PASCUAL. Técnica y práctica del tratamiento térmico de metales P. 36 en donde: $2CO + 3 Fe \rightarrow Fe C + CO$ y en Wanke, Klus. El Temple del Acero P. 158 en donde: $3FeO + 5CO \rightarrow Fe C + 4 CO$



Acero al 0,20% de carbono, carburizado por empaquetamiento a 930° C durante 6hr y enfriado en horno.
Atacado químicamente en nital al 2%, 30 x

FIG. 2

2 LA MEZCLA CEMENTANTE

2.1. COMPOSICION DE LA MEZCLA

La composición recomendada del componente carburizador es: 50% de carbón vegetal, 30% de carbón coke, 12% de carbonato de Bario, 8% de carbonato de sodio y algunas trazas de carbonato de calcio (CaCO_3), el cual se añade para evitar la sinterización de las partículas de cementante (2). La mezcla puede ser obtenida moliendo y aglomerando con melaza, alquitrán o aceite, los compuestos; procediendo luego al peletizado y secado a unos 120 grados centígrados para eliminarle la humedad. El tamaño del cementante está comprendido entre 4 y 10 mm. dependiendo del tamaño y formas de la pieza a tratar.

También pueden obtenerse buenos resultados con el uso de mezclas que incluyan mayor proporción de activador (3) como la compuesta por 20 - 25% de

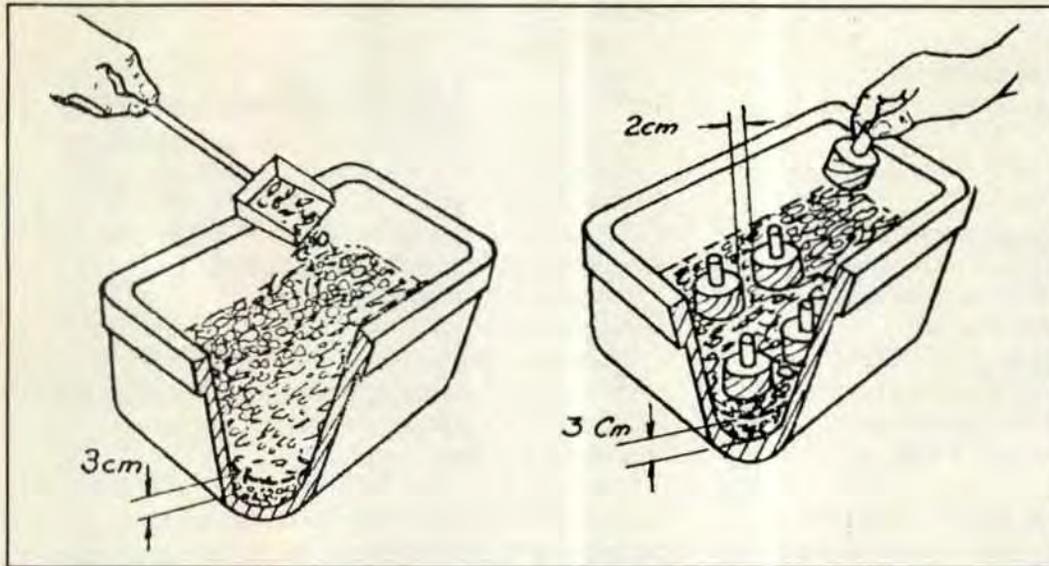
Ba CO; 3,5% de Na_2CO_3 y carbón vegetal. sin embargo, los activadores no deberán ser demasiado activos con el fin de que la disminución del carbono en la profundidad sea progresiva ya que una caída brusca en el porcentaje de carbono puede originar el descarillado o escamado en servicio de la capa cementada y templada.

2.2. EMPAQUE DE LAS PIEZAS

El empaque de las piezas con mezcla cementada es una operación empolvada y desagradable, por esta razón el manejo de cajas, piezas y mezclas deberá ser cuidadosamente planeado para minimizar el manipuleo de mezcla. Si es posible las piezas a tratar

(2) Tratamiento Térmico de Metales. MIR. P. 120

(3) a.p. eit p. 120



Empaque de las piezas

FIG. 3a

deberán llevarse a empaquetar dentro de un recipiente especial.

Primero se deposita en el fondo de la caja una capa de compuesto de 20 a 50 mm., las piezas o partes se apilan luego en la caja (figura 3a) siempre que sea posible las piezas se deben empaquetar con la mayor dimensión vertical en la base de la caja, esto es en extremo importante cuando se tratan piezas largas como columnas o cilindros, dada la mínima tendencia a combar de esta forma. La colocación de las piezas dentro de las cajas o dentro del horno es importante para minimizar la distorsión de partes delgadas o delicadas. Cuando se trata de piezas pequeñas o agujeros de poco diámetro, se puede cementar uniformemente con el uso de mezcla muy fina (malla N° 6 u 8) para asegurar un buen relleno.

Luego que el compuesto es suficientemente apisonado, se deposita una capa que cubra las partes. El espesor de la capa varía de acuerdo al tipo de pieza, a la

se distribuye uniformemente requiriéndose de menores espesores (figura 3b).

2.3. RENOVACION DE LA MEZCLA CEMENTANTE

Luego de realizar un conveniente tamizado para eliminar los finos, es necesario adicionar nuevo compuesto a la mezcla antes de usarla de nuevo. La pérdida del activador normalmente es un poco mayor que la pérdida del resto de los componentes, por lo tanto se adiciona un poco de mezcla nueva para asegurar que el nivel del activador no es inferior al 5 u

8%. Cuando se realiza temple directo, se requiere una parte de nueva mezcla por dos de la ya usada; cuando se realiza el enfriamiento en el horno, la adición puede ser una parte de mezcla nueva por 3 de la ya usada.

3. VENTAJAS DE LA CEMENTACION EN CAJA

La carburización con cementante sólido, dada su sencillez y universalidad, es especialmente

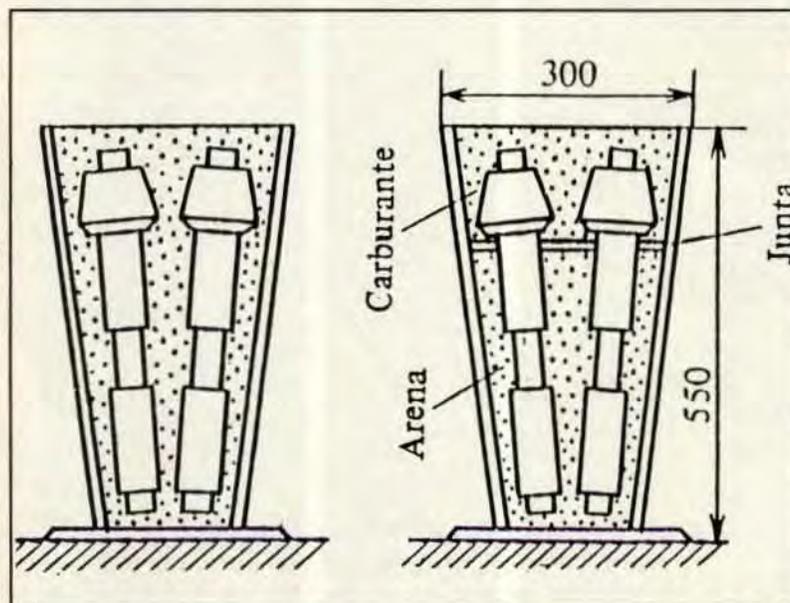


FIG. 3b

indicada para aplicaciones en fábricas de producción en pequeños lotes o unitaria, así como en talleres de fabricación de partes de maquinaria, debido a que no se requiere de equipos ni del conocimiento de técnicas especiales.

Las principales ventajas de la cementación en caja son las siguientes:

- Pueden obtenerse gruesas capas carburizadas en grandes piezas. La larga permanencia a temperaturas elevadas asegura la eliminación de cualquier tensión, producto de anteriores manufacturas.

- Pueden usarse una amplia variedad de hornos, pues no se requiere el uso de atmósferas preparadas.

- No se requiere de personal con amplia experiencia y entrenamiento para el éxito de la operación.

- Es idealmente apropiado para el enfriamiento lento realizado desde la temperatura de cementación; este procedimiento puede ser ventajoso para partes que van a ser maquinadas después de cementadas y antes de templadas.

- Comparada con la cementación gaseosa, la cementación sólida permite proteger con mayor facilidad las zonas que se desean carburizar.

3.1. DESVENTAJAS DE LA CEMENTACION EN CAJA

Por su naturaleza, la cementación en caja es

menos conveniente y menos limpia que otros procesos de cementación.

- No es apropiada en el tratamiento de piezas que requieran profundidad de capa cementada con tolerancias estrictas.

- No proporciona el grado de flexibilidad y precisión sobre el control del contenido de carbono en la superficie, ni del gradiente de carbono que puede ser obtenido con la cementación gaseosa.

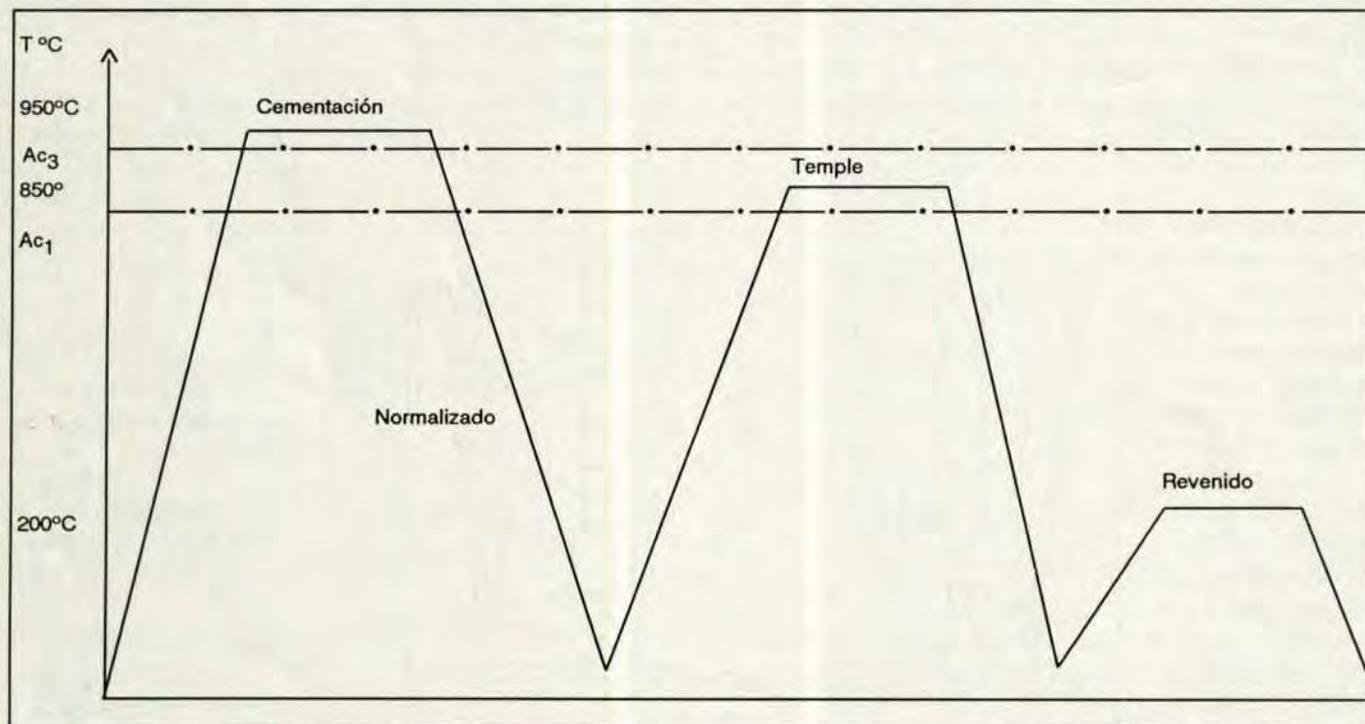
- La duración del proceso es mayor que en la cementación con líquidos o gases, por cuanto se requiere de mayor tiempo en las operaciones preparativas y es necesario calentar además de las piezas a tratar, las cajas y el material carburante de poca conductividad térmica.

- Adicionalmente las dificultades para la automatización del proceso el uso del horno se ve limitado por el espacio ocupado por las cajas y el material carburante.

- Cuando se requiere realizar temple directo, al abrir las cajas se producen grandes pérdidas de cementante que es necesario reponer.

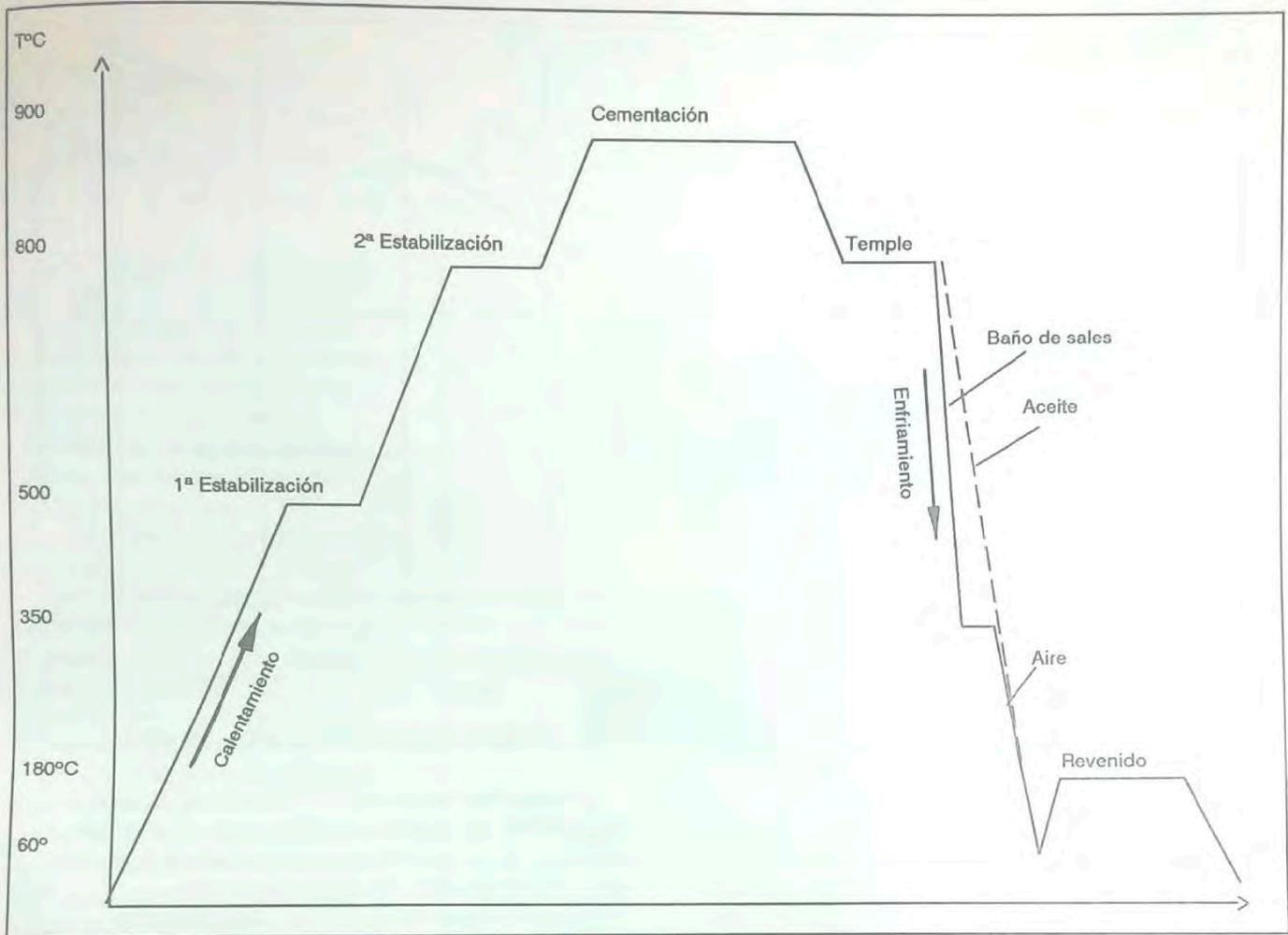
4. EL PROCESO DE CEMENTACION

Una vez efectuada la cementación se obtiene como resultado una capa con alto contenido de carbono pero aún blanda y un núcleo de grano grueso (frágil) producido por la permanencia del acero a altas



Proceso de cementación y temple

FIG. 4



Proceso de cementación y temple directo

Fig.5

temperaturas. Es necesario realizar posteriormente los tratamientos térmicos adecuados a cada una de las zonas antes mencionadas. Para obtener grano fino en el núcleo (regenerar el grano) las piezas se someten a un tratamiento de "normalizado" para lo cual basta con enfriar convenientemente desde la temperatura de cementación (Figura 4). El posterior endurecimiento de la capa carburizada se obtiene por temple (a 850 grados centígrados aproximadamente) y revenido de 150 a 200 grados centígrados.

Sin embargo, se ha comprobado que para la mayoría de las aplicaciones, un ciclo como el representado en la figura 5, ofrece buenos resultados en cuanto a menores deformaciones de la pieza, mayor control del tamaño de grano tanto en el núcleo como en la capa cementada y el consecuente ahorro de tiempo y energía.

El enfriamiento desde la temperatura de temple depende del tipo de acero (Los no aleados se

templan en agua, los aleados en aceite) y de la geometría de la pieza (formas complicadas conviene templarlas en baños calientes).

4.1. CONTROL DEL PROCESO

En la cementación en caja, así como en otros procesos de cementación, el porcentaje de carbono obtenido, es función del potencial de carbono, de la temperatura de cementación, del tiempo y de la composición química del acero. Otros controles especiales al proceso de cementación en caja son:

- Evitar variaciones de profundidad en la caja, para una carga dada del horno, por diferencias de temperatura dentro del recipiente de cementación.

- Reducir las deformaciones de las piezas durante la cementación, usando la mezcla para soportar las partes.

4.2. POTENCIAL DE CARBONO

El potencial de carbono generado por la mezcla cementante, así como el porcentaje de carbono que se obtiene en la superficie de la pieza, depende directamente del porcentaje de monóxido de carbono o de dióxido de carbono, de tal modo que un control en el contenido de los energizadores (activadores) podría influir en un mayor o menor porcentaje de carbono en la superficie, sin embargo, esto sólo puede hacerse con mezclas obtenidas a partir de polvos.

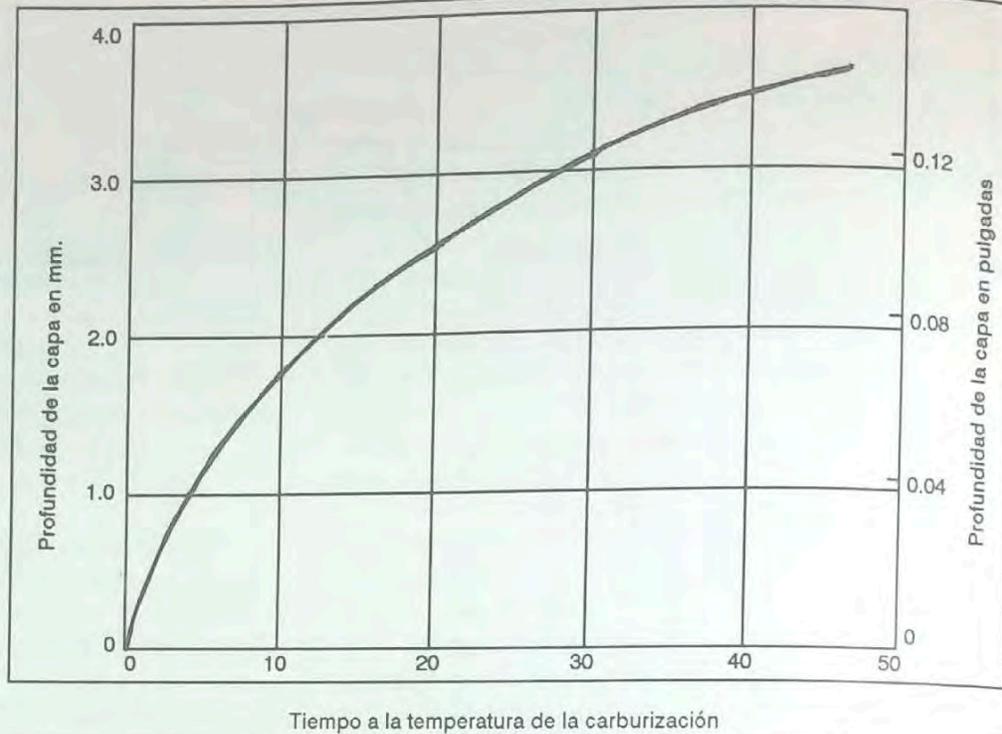


FIG.6

4.3. TEMPERATURA

La cementación en caja normalmente se realiza a temperaturas de 815 a 955 grados centígrados; aunque recientemente se viene efectuando a temperaturas hasta de 1095 grados centígrados debido a la producción de aceros de "grano fino", (4) que permiten el uso de temperaturas altas ya que el embastecimiento del grano solamente ocurre por el mantenimiento prolongado de tiempo a esas temperaturas.

La rata a la cual se forma la capa cementada aumenta rápidamente con la temperatura. Si el factor 1.0 es representativo de 815 grados centígrados (temperatura de cementación utilizada cuando se desea una capa de composición eutectoide); éste se incrementa de 1.5. a 870 grados centígrados y a más de 2.0 a 925 grados centígrados. Mejores recipientes, acero de grano fino y otras mejoras al proceso permiten el empleo una gran variedad de temperaturas.

4.4. TIEMPO

El rango de variación en la profundidad de la capa para una temperatura determinada de cementación, es proporcional a la raíz cuadrada del tiempo. El rango de cementación es por tanto mayor al comienzo del ciclo y gradualmente disminuye a medida que el ciclo avanza (figura 6).

4.5. COMPOSICION QUIMICA DEL ACERO

La cementación en caja puede ser adecuada para aceros de cualquier tipo de aleación o grado de carbono. La rata de difusión de carbono no está marcadamente influenciada por la composición química del acero: ésta afecta la actividad del carbono y por tanto podría afectar el nivel de saturación del carbono para una temperatura particular.

BIBLIOGRAFIA.

1. ASM.-- Metals Handbook -- Metals Park, Ohio; 1981.-- pv.-- il.
2. Klaus, Wanke -- Temple del acero; Manual para el tratamiento térmico de las aleaciones de hierro.-- Madrid: Aguilar, 510 p.-- il.
3. Avner, Sidney -- Introducción a la metalurgia física -- 2 ed -- México: Mc Graw Hill, 1965.-- 695 p.-- il.
4. Lajtin, Yu -- Tratamiento químico térmico de los metales -- Moscú: Mir
5. Zuev, V. -- Tratamiento térmico de metales -- Moscú: Mir, 253 p. -- il.
6. Pascual, J.-- Técnica y práctica del tratamiento térmico de los metales ferreos.-- Barcelona: Blume, 1970. -- 520p.-- il.

(4) El aluminio, titanio y vanadio actúan como inhibidores del crecimiento del tamaño de grano, forman en la masa metálica una gran cantidad de pequeñas partículas que actúan como núcleos de cristalización. El Vanadio se adiciona en el horno mientras que el aluminio y el titanio se adicionan en la cuchara.