

18 - IV - 79

19 hrs

ESTEMA DE BIBLIOTECAS
Instituto de Investigación de Zonas
Desérticas, UASLP



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI

ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS

EX-LIBRIS



CONTROL QUIMICO DE LOS BAÑOS DE SALES UTILIZADOS
EN LOS TRATAMIENTO TERMICOS DE LOS ACEROS

TRABAJO RECEPCIONAL

Que para obtener el título de :

Q U I M I C O

P r e s e n t a :

RAQUEL DEL CARMEN NORIEGA MACIAS

EX LIBRIS



SISTEMA DE
BIBLIOTECA

U.A.S.L.P. 1120
Nº DE REG. 592

TL
Q
C306
1939

A mis padres:

José Santos Noriega Quezada y
Ma. Guadalupe Macías de Noriega

A quienes con todo cariño y respeto
expreso mi reconocimiento a sus sa-
crificios y ayuda para el logro de
esta meta que es fruto de su labor.

Con cariño a mis hermanos:

Ma. Guadalupe Alicia

José Santos Humberto

Ma. Cristina del Socorro

J. Agustín de Jesús

Ma. del Carmen Beatriz

Javier Martín

Juan Antonio

Luis Fernando

Miguel Gerardo

A todos mis familiares.

Al Ing. Armando Fanti Vivarelli,
quien amablemente me brindó su -
capacidad y experiencia, guiándome
para la realización de este -
trabajo.

A mis tíos:

Sr. Enrique Ruiz Esparza y

Sra. Carmela Macías de Ruiz Esparza

A mi Escuela

A mis Maestros
Con gratitud y respeto.

A mis compañeros y amigos

I N D I C E

INTRODUCCION

CAPITULO I

FUNDAMENTOS DE LOS TRATAMIENTOS TERMICOS.

- 1.1 Propiedades de los aceros.
- 1.2 Equilibrio hierro-carbono.
- 1.3 Principales microconstituyentes del acero.
- 1.4 Efectos producidos en el acero por la presencia de elementos de aleación.
- 1.5 Templabilidad.
- 1.6 Diagramas de Transformación isotérmica o TTT.

CAPITULO II

TRATAMIENTOS TERMICOS DEL ACERO.

- 2.1 Recocido.
- 2.2 Normalizado.
- 2.3 Temple
- 2.4 Revenido.

CAPITULO III

TRATAMIENTOS TERMICOS-QUIMICOS DEL ACERO.

- 3.1 Cementación.
- 3.2 Nitruración.
- 3.3 Otros tratamientos.

CAPITULO IV

MEDIOS DE ENFRIAMIENTO Y TIPOS DE SALES UTILIZADOS EN LOS TRATAMIENTOS TERMICOS.

CAPITULO V

METODOS DE ANALISIS UTILIZADOS PARA EL CONTROL DE LOS DIFERENTES MEDIOS UTILIZADOS EN LOS TRATAMIENTOS TERMICOS.

CONCLUSIONES.

BIBLIOGRAFIA.

I N T R O D U C C I O N .

INTRODUCCION

En la actualidad todas las industrias siderúrgicas practican de una forma u otra los tratamientos térmicos de las piezas de aleaciones de hierro.

Es grande la importancia que en nuestros días tienen los tratamientos químicos-térmicos de las superficies de los aceros en la construcción general de maquinaria, pero especialmente en la de automóviles, aeronaves y máquinas-herramientas.

Para poder alcanzar los fines que se persiguen en los tratamientos térmicos y lograr un perfecto acabado en las piezas, es indispensable llevar un control de la calidad del producto durante el proceso de fabricación, que se inicie en la recepción de la materia prima, continúe durante el proceso, hasta llegar al producto terminado.

Una vez obtenido el producto pasa a los talleres de tratamientos térmicos donde se utilizan los baños de sales y los medios de enfriamiento que deben ser controlados por medio de pruebas físicas y químicas.

Mediante análisis regulares se vigilará que la composición del baño esté dentro de los límites establecidos para cada tipo de tratamiento que se esté efectuando.

Los resultados se conservarán y se registrarán en forma de curvas para poder observar las variaciones que ocurren en un tiempo determinado.

El tema motivo de este trabajo es precisamente so-

bre "El control químico de los baños de sales usados en los tratamientos térmicos", pero para comprender la importancia que tiene el llevar a cabo dicho control es necesario que describa lo que son los tratamientos térmicos, así como sus fundamentos y los tipos de tratamientos más usados.

CAPITULO I

FUNDAMENTOS DE LOS TRATAMIENTOS TERMICOS.

CAPITULO I

FUNDAMENTOS DE LOS TRATAMIENTOS TERMICOS.

1.1 PROPIEDADES DE LOS ACEROS.

Los aceros son básicamente aleaciones de hierro y carbono, que tienen grandes características benéficas en cualquier aplicación, y se elaboran conforme a las calidades deseadas o requeridas.

El contenido de carbono ejerce una especial influencia en los aceros y es, junto con los estados alotrópicos posibles del hierro, el factor más importante que gobierna sus propiedades y aplicaciones.

El porcentaje de carbono presente en el acero, unido a la presencia de metales y otros elementos no-metálicos, le confiere propiedades y características especiales. De acuerdo a ésto, existe una gran variedad de productos denominados aceros, con características perfectamente diferenciadas.

Su plasticidad, tanto a temperatura ambiente como a elevadas temperaturas, permite trabajarlo en frío o en caliente. La combinación de su resistencia mecánica con su plasticidad le hacen el compuesto metálico más impor tante para la construcción.

Variando el contenido de carbono de un acero y/o sometiéndolo a tratamientos térmicos apropiados, pueden variarse las características de éste desde muy blando a duro o en sentido opuesto, y asimismo sus propiedades de resistencia y de maquinabilidad. (2)

1.2 EQUILIBRIO HIERRO-CARBONO.

Todos los aceros se pueden considerar como aleaciones hierro-carbono, aunque con otros elementos e impurezas. Los elementos más comunes son el manganeso y el silicio y las impurezas el fósforo y el azufre; esto es refiriéndose a aceros ordinarios, no especiales en los que los elementos de aleación llegan a modificar notablemente su constitución y su comportamiento.

El diagrama de equilibrio hierro-carbono (Fig. 1) - es una representación del comportamiento de aceros y fundiciones constituido por estos dos elementos. En él se observan las diferentes fases y combinaciones de ellas - que pueden obtenerse variando temperaturas y contenido - de carbono.

Es muy importante su estudio para una mejor comprensión del acero en general, y de aleaciones con mayores contenidos de carbono; es indispensable su estudio y su correcta interpretación en todo el campo de la metalurgia ferrosa y de los tratamientos térmicos, desde sus principios. (12)

Estados alotrópicos del hierro.

Como es sabido, el hierro es el constituyente principal de todos los aceros y de las múltiples aleaciones ferrosas.

El estudio del hierro puro a través de cuidadosos y severos ensayos utilizando los rayos X, ha dado a conocer que sus átomos al solidificarse se colocan de tal ma

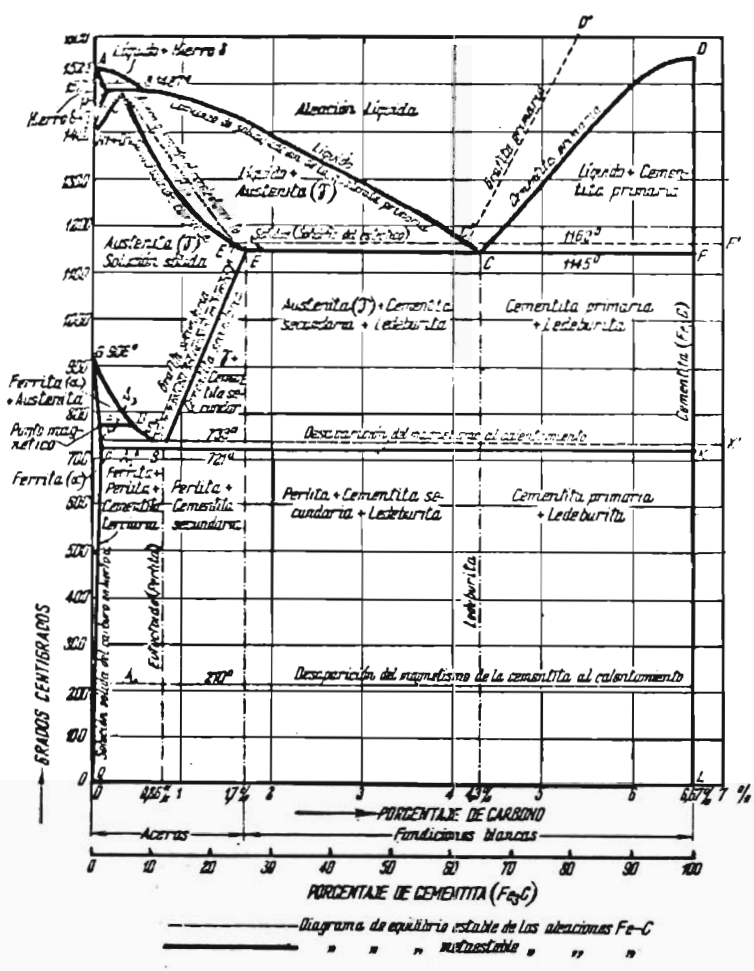


Fig. 1 . Diagrama hierro-carbono.

nera que forma una estructura cristalina cúbica, de aquí que a la agrupación atómica del hierro se le denomina -- red cúbica.

Estos ensayos mostraron que en el hierro puro los átomos se agrupan de dos maneras diferentes, según sea la temperatura del metal. De 0°C hasta 910°C la agrupación es cúbica cuerpo centrado, con un parámetro de red de aproximadamente 2.9 Angstrom.

En el rango de temperaturas entre 910°C y 1410°C la forma cristalina es cúbica cara centrada y su parámetro de red es de 3.65 Angstrom.

De 1410°C hasta la temperatura de fusión vuelve a presentarse la estructura cúbica cuerpo centrado, con un parámetro de red de 2.93 Angstrom.

Este fenómeno que presentan algunos elementos metálicos de existir en formas cristalinas alternativas, que dependen de las condiciones externas de temperatura y de presión, recibe el nombre de alotropía o polimorfismo.

Puntos críticos del hierro.

Si estudiamos gráficamente (Fig. 2) el comportamiento de un trozo de hierro puro lo más puro posible, el cual dejamos enfriar lentamente después de elevar su temperatura hasta el estado líquido, encontramos que los distintos puntos que corresponden a diferentes temperaturas forman una curva interrumpida en distintos escalonamientos.

Observamos que a 1535°C solidifica el hierro, y la

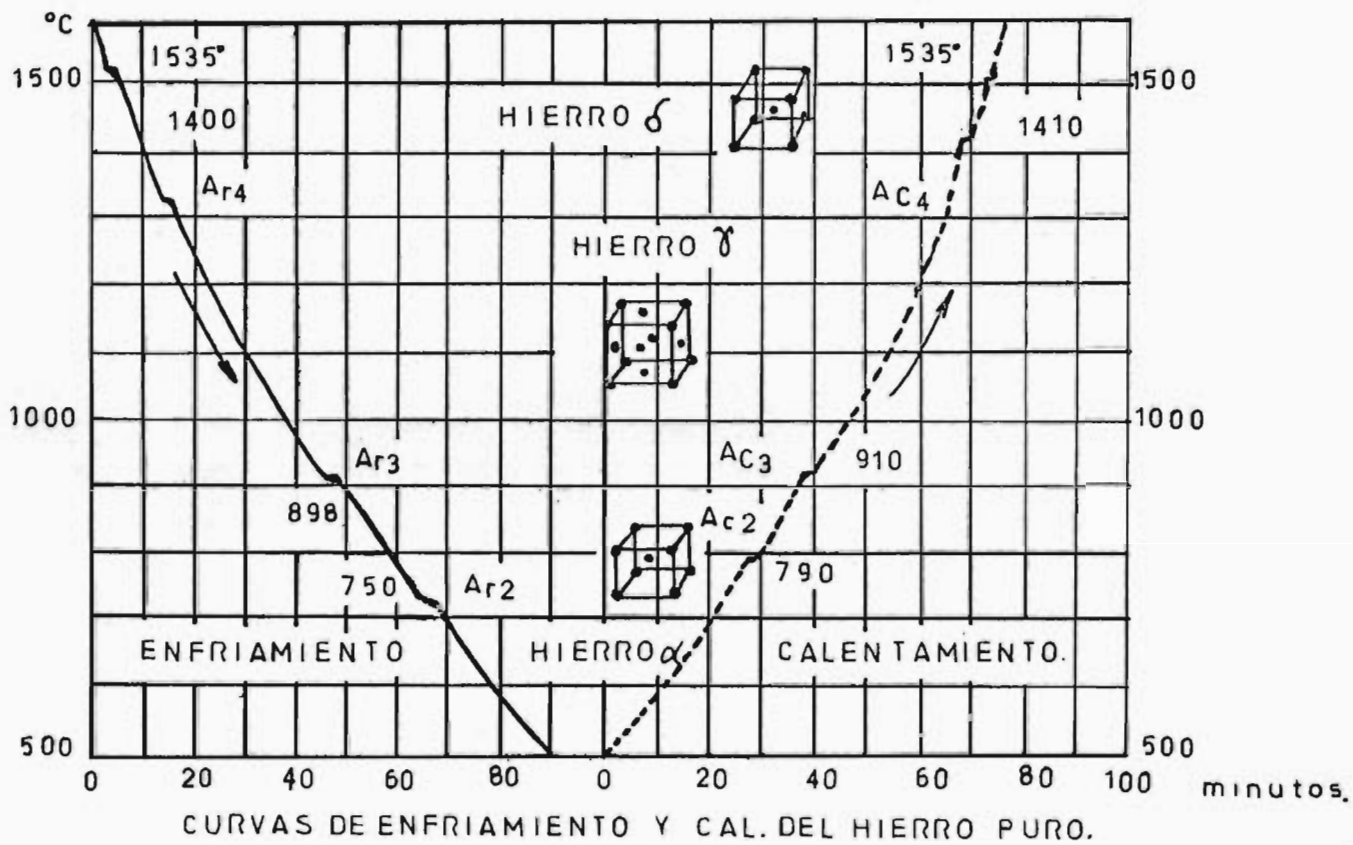


FIG.2

temperatura sigue descendiendo uniformemente hasta 1400°C en que se nota una disminución en la velocidad de enfriamiento a causa de un desprendimiento de calor. Luego se vuelven a apreciar otras disminuciones en la velocidad de enfriamiento, debido también a desprendimientos caloríficos, hacia los 893°C y hacia los 750°C .

A las temperaturas o intervalos en que ocurren estos fenómenos se les conoce con el nombre de temperaturas o puntos críticos.

Al proceder en sentido inverso, tomando temperaturas en función del tiempo de calentamiento gradual, se obtiene una curva bastante parecida pero los cambios ocurren a temperaturas un poco superiores que ahora son de 790°C , 910°C y 1410°C aproximadamente.

La diferencia que existe entre las temperaturas críticas durante el enfriamiento y durante el calentamiento revela la resistencia que oponen los sistemas cristalinos a transformarse, a cambiar su estructura, resistencia conocida como histéresis térmica.

Si se pudiera realizar este calentamiento y este enfriamiento a velocidades infinitamente lentas, estas temperaturas críticas coincidirían en ambos casos.

Denominación de los puntos críticos.

Los puntos críticos son representados en el diagrama de equilibrio Fe-C por medio de una letra A, y se le agrega un subíndice que indica el proceso seguido. Cuando se trata de un enfriamiento el subíndice es una "r", y es una "c" cuando es calentamiento.

Los puntos críticos en el diagrama son:

Ar₄ a una temperatura de 1400°C

Ar₃ a una temperatura de 898°C

Ar₂ a una temperatura de 750°C

Ac₄ a una temperatura de 1410°C

Ac₃ a una temperatura de 910°C

Ac₂ a una temperatura de 790°C

El punto A₁ corresponde a la transformación eutectoide que toma lugar a 721°C aproximadamente; el punto A₀ se encuentra a 210°C, en que ocurre un cambio magnético de la cementita, durante el calentamiento en este punto desaparece el magnetismo que tenía la cementita a menor temperatura (3)

1.3 PRINCIPALES MICROCONSTITUYENTES DEL ACERO.

A continuación se describen los diversos constituyentes que forman las microestructuras de los aceros, - así como algunas de sus principales características y - propiedades.

Ferrita.

La ferrita es una solución sólida de hierro alfa - con carbono disuelto intersticialmente; puede disolver hasta un 0.035% de carbono a una temperatura de 721°C.

Es una estructura cúbica de cuerpo centrado, blanda, maleable y fácilmente atacable por los ácidos dilu^ídos. Puede contener en solución pequeñas cantidades de manganeso y níquel, así como silicio y fósforo y otras impurezas.

Sus propiedades mecánicas se acercan a las de los aceros de más bajo contenido de carbono posible. Dichas propiedades se presentan en la tabla núm. 1.

Cementita.

La cementita es carburo de hierro (Fe_3C), contiene 6.67% de carbono y 93.33% de hierro. Es el constituyente más duro y frágil de los aceros al carbono.

Cuando es atacada por los ácidos dilu^ídos no ennegrece como la ferrita, sino que queda de un color blanco brillante.

Es magnética a temperatura ambiente, pero pierde -

estas propiedades al pasar los 210°C .

Perlita.

Es un constituyente eutectoide formado por láminas alternadas de hierro alfa y carburo de hierro, o lo que es lo mismo, de ferrita y cementita.

Es de composición química constante y definida y contiene aproximadamente 6 partes de hierro y una de carburo. (86.5% de hierro alfa y 13.5% de Fe_3C) que equivaldrían a 99.1% de Fe y 0.9% de carbono.

Lógicamente es de menor dureza que la cementita y mayor que la de la ferrita.

La perlita aparece en general en el enfriamiento lento de la austenita o por transformación isotérmica de la austenita en la zona de los 650° a 725°C .

Austenita.

La austenita es una de las fases del diagrama hierro-carbono y puede definirse como una solución sólida de carbono en hierro gamma.

Con respecto a sus características de solubilidad la austenita es capaz de retener en solución sólida cualquier cantidad de carbono entre 0.0 a 1.7% dependiendo de la temperatura, lo que la hace una fase de composición variable.

Todos los aceros se encuentran formados de cristales de austenita cuando se calientan a temperaturas su-

periores a las críticas (Ac_3). Aunque generalmente es un constituyente inestable, se puede obtener esa estructura a la temperatura ambiente por enfriamiento rápido de aceros de alto contenido de carbono o de muy alta aleación.

Es poco magnética, blanda, muy dúctil y tenaz. Tiene gran resistencia al desgaste, siendo el constituyente más denso de los aceros.

Martensita.

Es el constituyente típico de los aceros templados. Se admite que está formado por una solución sobresaturada de carbono o carburo de hierro en hierro alfa y se obtiene por enfriamiento rápido de los aceros desde alta temperatura. Su contenido de carbono suele variar generalmente desde pequeñas trazas hasta 1% de carbono y algunas veces, en los aceros hipereutectoides, aún suele ser más elevado.

Sus propiedades físicas varían con su composición, aumentando su dureza, resistencia y fragilidad con el contenido en carbono, hasta un máximo para $C=0.90\%$ aproximadamente. Después de los carburos y de la cementita es el constituyente más duro de los aceros. (3)

Tabla Núm. 1

PROPIEDADES DE ALGUNOS CONSTITUYENTES MI
CROSCOPICOS DE LOS ACEROS.

Nombre	Resistencia a la tracción. kg/mm ²	Alargamien to %	Dureza Brinell
Ferrita	28-35	35-40	75-90
Perlita	30	10-15	200
Cementita	3.5	0	700
Martensita	170-250	2.5	600-650
Austenita	38-105	30-60	300

1.4 EFECTOS PRODUCIDOS EN EL ACERO POR LA PRESENCIA DE ELEMENTOS DE ALEACION.

Cada uno de los elementos presentes en el acero -- proporcionan a este una determinada, específica cuali-- dad, en razón de la proporción en que se encuentran contenidos y de los demás componentes que lo acompañen.

En este trabajo sólo se hace mención muy breve de algunas de las características que dá al acero la pre-- sencia de los principales y más usados elementos adicio-- nales.

Manganeso.

El manganeso aparece en todos los aceros, debido - principalmente a que se añade como elemento de adición para neutralizar la perniciosa influencia del azufre y del oxígeno, que siempre suelen contener los aceros -- cuando se encuentran en estado líquido en los hornos du-- rante el proceso de fabricación.

El manganeso beneficia la calidad superficial y - permite la obtención de lingotes sanos, por ser desoxi-- dante y combinarse con el azufre, evitando así la forma-- ción de sulfuro de hierro y aumentando la forjabilidad. Si se forma sulfuro de hierro (FeS) en vez de sulfuro - de manganeso (MnS), el acero será frágil en caliente. - Así, es particularmente benéfico en aceros con alto con-- tenido de azufre.

Contribuye a la resistencia y a la dureza, pero en menor grado que el carbono; la cantidad de aumento de - dureza depende del carbono contenido.

El manganeso contenido en aceros ordinarios varía entre 0.30% y 0.80%; en aceros especiales puede llegar hasta 14.0%.

Silicio.

Es uno de los principales desoxidantes usados en la fabricación del acero. La cantidad de este elemento presente en el acero, varía según el tipo y acción del mismo. En los aceros comunes puede estar hasta 0.30% y en los aceros especiales hasta un poco más de 2.25%.

El silicio se disuelve en el hierro por lo que a temperatura ambiente se encuentra formando una solución sólida con el hierro. Generalmente ayuda a evitar la formación de sopladuras por su mismo efecto desoxidante. Es poco menos efectivo que el manganeso en el aumento de la resistencia y de la dureza. En aceros de bajo carbono, el silicio casi siempre es perjudicial en la calidad superficial y esto es más pronunciado en grados de bajo carbono no resulfurados.

Fósforo.

En cantidades especiales aumenta la resistencia y la dureza, pero sacrificando ductibilidad y tenacidad, particularmente en aceros de mayor carbono que son templados y endurecidos. Por consiguiente, para la mayoría de las aplicaciones se mantiene el fósforo bajo un máximo especificado hasta de 0.05%.

Este elemento tiene una pronunciada tendencia a segregarse. En algunos casos se especifica mayor cantidad de fósforo que la señalada para efectos de mayor -

maquinabilidad. Forma una solución sólida substitucio--
nal con el hierro a la temperatura ambiente, como es el
caso del silicio.

Azufre.

Incrementando el azufre baja la ductibilidad trans--
versal y la tenacidad del acero. La soldabilidad es me--
nor a mayor azufre contenido. Este elemento es muy noci--
vo para la calidad superficial, particularmente en los
aceros de menor contenido de manganeso.

Por estas razones, usualmente sólo se especifica --
un límite máximo en la mayoría de los aceros, siendo --
siempre menor de 0.06%. La única excepción es en el gru--
po de aceros para maquinado rápido donde se añade el --
azufre para mejorar la maquinabilidad; en este caso se
especifica un rango y puede llegar a estar hasta en un
0.30%.

El azufre tiene también gran tendencia a la segre--
gación. En el acero se encuentra en forma de inclusio--
nes de sulfuro de manganeso (MnS) que son unas hojueli--
llas o vetas alargadas pálidas, provocan la ruptura de
la rebaba de acero resultante durante el mecanizado del
mismo, facilitando esta operación. Lógicamente habrá --
más de estas inclusiones en los grados resulfurados.(12)

1.5 TEMPLABILIDAD.

La templabilidad es la capacidad que poseen los -- aceros de adquirir dureza por el temple y la aptitud -- del acero para que esa dureza penetre hacia el interior de la pieza.

Varios investigadores se han dedicado al estudio -- de la cuantificación de esta propiedad de los aceros, -- la cual es determinada por la profundidad a la que se -- encuentra la dureza impartida por el 50% de martensita, independientemente del nivel de dureza alcanzado, es de -- cir, un acero puede tener una templabilidad más alta -- con una dureza relativamente baja que otro con una dureza alta pero con poca penetración. Esto se explica al -- considerar que la velocidad de enfriamiento necesaria -- para la transformación es independiente de la dureza de la estructura martensítica.

La velocidad de enfriamiento depende de dos varia- bles: el espesor de la pieza y la severidad del medio -- enfriante, "H".

La primera variable se debe a la forma en que se -- transmite el calor lo que dá como resultado que la velo- cidad de enfriamiento vaya disminuyendo de la superfi- cie al centro de las piezas y también que sea diferente a una determinada profundidad, dependiendo de su masa.

La otra variable depende de las características -- del medio enfriante, por lo que cada uno tendrá un va- lor relativo, estos valores se dan en la tabla núm. 2

Tabla Núm. 2

VALORES DE SEVERIDAD DE ENFRIAMIENTO "H" DE DIFERENTES MEDIOS.

Agitación	Medio Enfriante			
	<u>Aire</u>	<u>Aceite</u>	<u>Agua</u>	<u>Salmuera</u>
Ninguna	0.02	0.25-0.3	0.9-1.0	2.0
Débil	--	0.3 -0.35	1.0-1.1	2.0-2.2
Regular	--	0.35-0.4	1.2-1.3	--
Fuerte	--	0.4 -0.5	1.4-1.5	--
Muy fuerte	--	0.5- 0.5	1.6-2.0	--
Excesivamente fuerte	0.08	0.8 -1.1	4.0	5.0

Métodos de medición de la templabilidad.

Uno de los primeros intentos, y que aún persiste, para medir la templabilidad fue el relacionarlo al medio enfriante que permitía su máximo de dureza y así se habla de acero de temple al aire, al aceite o al agua, sin embargo, como se vé este método es empírico y bastante deficiente, por lo que se han estudiado otros como el método Grosman y el ensayo Jominy, que aunque diferentes en el método de realizarse se han podido relacionar para dar la medida de la templabilidad en la forma de un valor absoluto llamado diámetro crítico ideal.

El diámetro crítico ideal (D_i) se considera como el diámetro máximo del redondo del acero en cuestión -- que enfriado en un medio de severidad infinita alcanza en toda su sección la estructura de martensita pura.

En base al valor de D_i de un acero se puede calcular el diámetro máximo del redondo de ese acero que tiene un 99% de martensita en toda su sección cuando se enfria en un medio de severidad de enfriamiento H determinando al que se le llama diámetro crítico (D_c) de este acero; aunque en la práctica no se toma el 99% de martensita como referencia debido a la dificultad para obtenerse y en su lugar se toma únicamente al 50% de ese constituyente.

Factores que influyen sobre la templabilidad.

Los factores que aquí influyen son: la composición química y el tamaño de grano austenítico.

El valor de la templabilidad depende de la composi

ción química debido a que cada elemento de aleación tiene, además de otros, un efecto sobre esta propiedad, éste se ha intentado cuantificar por diversos métodos. Generalmente se obtiene en forma de un factor para cada elemento, cuyo producto de su multiplicación por el contenido se multiplica por los correspondientes de los otros elementos para dar el valor del diámetro crítico ideal. Estos factores, con excepción de el del azufre son mayores de 1.0 indicando con ello que tienden a aumentar la templabilidad.

El factor para el elemento carbono se calcula de forma diferente, encontrándose directamente al considerar el contenido de carbono en relación al tamaño de grano; a mayor tamaño de grano, mayor es el factor, es decir, están en relación directa.

Esta forma de calcular la templabilidad da resultados sólo con alguna aproximación por lo que si se requiere de mayor exactitud hay que hacerlo en forma experimental, siendo el ensayo Jominy uno de los métodos más empleados para hacerlo. (1)

1.6 DIAGRAMAS DE TRANSFORMACION ISOTERMICA O T.T.T.

Estos diagramas, también conocidos por curvas de - la "S" debido a su forma, nos proporcionan una idea más clara en lo que se refiere a la temperatura de transformación, el desarrollo de ésta y la configuración estructural que se forma al enfriar un acero desde su estado austenítico. Esto resulta difícil de deducir si nos basamos sólo en el diagrama hierro-carbono.

Los diagramas TTT (Tiempo-Temperatura-Transformación) son indispensables al efectuar los tratamientos - térmicos, pues mediante su correcta interpretación sabremos las estructuras que tendremos al enfriar un acero desde una determinada temperatura y en cierto tiempo de enfriamiento.

Los diagramas TTT se determinan estudiando el comienzo y el fin de la transformación de cada acero en una forma isotérmica. Los ensayos se hacen con una serie de probetas que se calientan a una temperatura ligeramente superior a 910°C , hasta alcanzar la austenización completa; luego se introducen en un baño caliente de sales o metal fundido consiguiéndose después de cierto tiempo de permanencia del acero a esa temperatura la transformación de la austenita. Las probetas se sacan - del baño caliente a intervalos sucesivos de tiempo, enfriándolas luego rápidamente en agua lo más fría posible. El ensayo se completa efectuando otras experiencias en baños de sales o de metales fundidos, a temperaturas variables.

Luego se examinan al metaloscopio las estructuras obtenidas en la transformación, así como el tiempo nece

sario para que se efectúe esta misma. Este es el método metalográfico para determinar la curva TTT de los aceros. Estos diagramas están influenciados por la composición del acero y por la temperatura de austenización.

Para facilitar el estudio de la transformación de la austenita durante el enfriamiento se ha dividido el diagrama TTT en tres zonas principales, que son: la zona superior o de transformación perlíticas, la zona intermedia o de transformación bainítica y la zona inferior o de transformación martensítica.

Zona superior: Transformación perlítica.

La transformación de austenita a perlita es en la zona comprendida hasta temperaturas muy próximas a A_1 , aunque un poco inferior a ésta; comienza por la precipitación de cristales proeutectoides de ferrita, según sea un acero hipoeutectoide o hipereutectoide.

La formación de perlita se inicia en la zona o puntos de máxima energía de la red de austenita, tales como los límites de grano, inclusiones, etc.

Aparece primero un núcleo del cristal precipitado y, por difusión, se enriquecen en carbono los puntos vecinos si el cristal precipitado es ferrita, o se empobrecen si es de cementita, estos cristales precipitados sirven de núcleos.

A los lados del núcleo aparecen cristales del segundo constituyente de la perlita, creciendo en forma de laminillas, paralelas y alternadas. Esto origina la formación de una colonia de perlitas.

En otro punto cualquiera aparece otro núcleo que se desarrolla siguiendo su propia dirección formando otra colonia de perlitas. Esto sucede hasta llegar al grano de la perlita.

El espesor de las láminas de perlitas es mayor cuando más elevada es la temperatura de transformación. Conforme disminuye esta temperatura, es más fina la estructura hasta llegar a ser irresoluble al microscopio; en esta misma forma aumenta la dureza. De aquí la formación de los constituyentes laminares obtenidos a menor temperatura de transformación y con dureza más alta como son la perlita muy fina.

Entre mayor sea la temperatura de transformación también es mayor la cantidad de austenita retenida, que no llega a transformarse por completo.

Zona intermedia: Transformación bainítica.

Dentro de esta zona se han diferenciado dos tipos de bainita: la superior y la inferior.

La bainita superior es la formada en el rango de temperaturas de 650° a 450°C aproximadamente, mientras que la bainita inferior se forma a temperaturas comprendidas entre 450° a 250°C aproximadamente. Esta última tiene un aspecto acicular más marcado y es más fina, la bainita superior tiene una apariencia arborescente.

La precipitación de carburos es más completa y en forma más grosera a mayores temperaturas de transformación. Entonces de una transformación en esta zona en el rango más alto de temperatura, resulta una estructura -

carburosa sobre ese fondo de ferrita, que es la bainita superior.

A temperaturas más bajas se obtiene una estructura con carburos poco desarrollados y muy finos, insolubles al microscopio, que es la bainita inferior.

Una diferencia entre las dos, zona superior e inferior puede resumirse diciendo que en la primera difusión de carbono para formar cementita facilita la transformación gamma-alfa, y en la segunda la transformación gamma-alfa es la que permite la difusión del carbono.

Zona inferior: Transformación martensítica.

A elevadas velocidades de enfriamiento, superiores a la crítica, se alcanzan temperaturas muy bajas en una forma tan rápida, que la difusión del carbono en el hierro alfa es ya muy pequeña.

Por debajo de la temperatura determinada M_s la austenita es inestable y se transforma en martensita.

La transformación a martensita es casi instantánea por un plegamiento ordenado de la red cúbica gamma de la austenita en la red cúbica alfa, sin haber ni nucleación ni difusión de carbono como en el caso de la transformación perlítica o bainítica.

La reacción gamma-alfa es tan fuerte, que el hierro alfa se transforma reteniendo los átomos de carbono en la red. Esto trae como consecuencia que no se forme la red cúbica correspondiente al hierro alfa, ya que se tiene un mayor volumen.

Así, se produce un ensanchamiento tetragonal de la red cúbica cuerpo centrado del hierro alfa, que es mayor, cuando más elevado sea el contenido de carbono. El constituyente así formado, la martensita, es una solución sólida sobresaturada de carbono en hierro alfa.

La temperatura M_s marca el inicio de la transformación martensítica en función de la composición de la austenita madre, y es menor para mayores contenidos de carbono. La temperatura M_f marca el final de esta transformación. (12)

CAPITULO II

TRATAMIENTOS TERMICOS DEL ACERO.

CAPITULO II

TRATAMIENTOS TERMICOS DEL ACERO.

Hay una gran variedad de operaciones que se realizan sobre productos metalúrgicos con el objeto de modificar total o parcialmente las propiedades físicas, químicas, mecánicas y estructurales. En los aceros estos procesos son función directa de la temperatura que es uno de los puntos básicos que determinarán las modificaciones obtenidas.

Estos tratamientos mejoran las propiedades y las características de los aceros, ya sea sin alterar la composición química del producto o bien incorporando uno o más elementos al material en cuestión. A los primeros se les conoce sólo como tratamientos térmicos; a los segundos se les denomina tratamientos térmico-químicos.

Hay dos factores primordiales que son, el tiempo y la temperatura a la que se llevará a cabo el tratamiento. Este tiempo se refiere al necesario para que la pieza a tratar alcance la temperatura requerida, así como al tiempo de enfriamiento de la misma. Estas dos variables dependen de la composición del acero, del tamaño y forma de las piezas y de las propiedades o características que se desean obtener.

En algunas ocasiones, y para obtener propiedades específicas se efectúan tratamientos en los que el enfriamiento no se realiza de una forma regular y progresiva, sino que se interrumpe o modifica a diversas temperaturas durante ciertos intervalos en los que el mate

rial permanece a temperatura constante. A éstos tratamientos se les conoce como tratamientos isotérmicos.

Las propiedades obtenidas luego de un tratamiento térmico son determinadas por una emigración o traslación de los átomos del acero.

Observando el diagrama de equilibrio Fe-C vemos -- que si se eleva la temperatura por arriba de 910°C tendremos una estructura cara centrada en la fase correspondiente a esas condiciones, que es la austenita. Ahora bien, así como al efectuarse la transformación alotrópica de hierro gamma a hierro alfa hay un cambio estructural mediante el traslado, agrupación y colocación de átomos, así el acero al enfriarse desde esa fase sufre un acomodo semejante en su estructura interna, según sea el tiempo en que se efectúa el enfriamiento.

Con un tiempo de enfriamiento lo más lento posible, se efectúa una gradual y total transformación de la austenita en su estructura final que puede ser ferrita y perlita, o perlita y cementita según sea el carbono contenido.

Si se acorta el tiempo de enfriamiento no se permite esta transformación y finalmente se observará una estrutura bainítica o martensítica según la velocidad de enfriamiento y conforme a lo anotado acerca de la transformación de la austenita.

El enfriamiento brusco o muy rápido dá lugar a una situación forzada, que puede suponerse como una tensión debida a que los átomos quedan situados en lugares que no corresponden a su posición normal.

Esta explicación está apoyada por las siguientes causas: si se eleva la temperatura y se deja enfriar lentamente el material, normalmente desaparecerán los efectos del enfriamiento brusco y con ello las propiedades que ello originó. Del mismo modo un acero enfriado bruscamente con el paso del tiempo pierde las propiedades causadas en ese enfriamiento, ya que los átomos buscan su estado de mayor equilibrio, efectúan un movimiento de acomodo aunque muy lento.

Con el tratamiento térmico se llega a una específica estructura cristalográfica con determinadas propiedades.

Son muchos los factores que hay que controlar en cada uno de estos procesos que sería muy largo y complejo abordarlos todos. Debido a esto y siguiendo el enfoque, el propósito y el carácter de este trabajo, solo abarcaré en forma general lo relacionado a los tratamientos térmicos más usuales.

Los principales tratamientos térmicos son: el recocido, el normalizado, el temple y el revenido.

2.1 RECOCIDO.

El recocido es una operación térmica que se aplica a los aceros con diferentes objetivos, como son el ablandamiento que es la finalidad más usual, una recristalización, una eliminación de tensiones, una generación de estructura o simplemente para provocar en el metal propiedades que poseé a temperatura normal y que las perdió como consecuencia de algún trabajo mecánico

o por otro tratamiento térmico anterior.

La operación consiste en calentar el material a una temperatura adecuada que puede ser mayor o menor de la temperatura 721°C , o intermedia entre ésta y 910°C según las características perseguidas, y luego enfriar lentamente. Conforme a esto se dividen en recocidos de austenización completa, recocidos subcríticos y recocidos de austenización incompleta.

El recocido de austenización completa sirve para ablandar el acero y regenerar su estructura. El recocido subcrítico puede ser para ablandar, para eliminar tensiones internas o para obtener una estructura globular de muy baja dureza que ayuda al maquinado. El recocido de austenización incompleta es siempre un recocido de globulización o esferodizado.

Recocido de regeneración.

Los aceros forjados a temperaturas elevadas, las piezas de acero colado y las soldaduras poseen generalmente un tamaño de grano grueso o una estructura que hacen frágil al metal.

Con el refinamiento de grano que se obtiene mediante este recocido se mejoran las propiedades provocando una mayor tenacidad.

Hay una temperatura de recocido que da al acero un grano mínimo y que se encuentra de 30 a 50°C por arriba de Ac_3 (910°C).

El tamaño de grano crece en función del aumento de

tiempo de calentamiento y la influencia de la elevación de temperatura es más grande cuanto mayor es el contenido de carbono.

Recocido de ablandamiento.

Cuando se desea facilitar el maquinado o recuperar piezas de-formadas en el temple, se aplica éste recocido, con el que se eliminan los constituyentes que produzcan dureza.

Recocido de estabilización o contra acritud.

El forjado, laminado, maquinado y algunos otros tratamientos producen en el material tensiones internas que es necesario eliminar antes de volver a maquinar o a temprar, pues dichas tensiones pueden producir modificaciones en las dimensiones de las piezas o ruptura cuando se trata de un segundo estirado o laminado.

La aplicación de éste tratamiento aumenta la ductibilidad y ayuda a eliminar los posibles malos resultados a que hice referencia.

Recocido de esferodizado o de globulizado.

Se utiliza para lograr un ablandamiento y mejorar las condiciones de maquinabilidad al obtener una estructura microscópica globular de baja dureza que es inferior a la de cualquier otra microestructura en cada composición del acero.

2.2 NORMALIZADO.

El normalizado es un tratamiento que cumple funcione

semejantes a las del recocido, pero se practica a temperaturas y velocidades de enfriamiento superiores a las de aquél.

Consiste en un calentamiento a una temperatura por encima de la crítica superior A_{c3} , de 50°C a 60°C arriba y de un posterior enfriamiento al aire.

Los objetivos que se siguen con este proceso pueden ser el refinamiento de grano, regeneración de estructura de un acero sobrecalentado, eliminación de tensiones producidas por trabajos en frío, por trabajos en caliente, por sobrecalentamiento o por enfriamiento irregular también se aplica antes del recocido o del temple para afinar el grano y facilitar la rápida difusión de los microconstituyentes. Se emplea casi solo en aceros para construcción o en aceros de baja aleación.

2.3 TEMPLE

Se denomina temple de un acero al enfriamiento del mismo desde una temperatura por encima de la de transformación A_{c3} , con tal velocidad que se produzca un elevado aumento en la dureza de la pieza, debido normalmente a la formación de una estructura martensítica.

La estructura martensítica es la que proporciona al acero la máxima dureza alcanzable, y ésta depende del contenido de carbono. Para alcanzar esta estructura se requiere que el enfriamiento sea suficientemente rápido y homogéneo.

Como consecuencia del temple se obtienen unas modificaciones en las propiedades del acero como son: un au-

mento en la carga de ruptura por tracción, en el límite elástico y en la dureza; una disminución en el alargamiento, en la resistencia; los aceros templados son más resistentes a ciertos ácidos que los recocidos.

En condiciones similares los productos metalúrgicos sufren, de acuerdo con su composición química modificaciones por temple. Los elementos que intervienen en la constitución del acero actúan en distinta forma sobre la velocidad de enfriamiento, así, por ejemplo, cuanto mayor es el contenido de carbono tanto mayor será la duración del enfriamiento.

Otro factor que influye en el temple de los aceros es el tamaño de grano. En aceros de la misma composición las velocidades críticas de temple de los aceros de grano grueso son menores que las velocidades críticas de los aceros de grano fino.

2.4 REVENIDO.

Los aceros después del temple suelen quedar demasiado duros y frágiles para los usos a que van a ser destinados. Estos inconvenientes se corrigen por medio del revenido, que es un tratamiento que consiste en calentar el acero a una temperatura más baja que su temperatura crítica inferior A_{c1} , enfriándolo luego, salvo excepciones según la composición, al aire.

El objeto del revenido no es eliminar los defectos del temple, sino modificarlos, disminuyendo la dureza y resistencia, aumentando la tenacidad y eliminando también tensiones internas que tienen siempre los aceros templados.

Otros efectos del revenido aparte de minimizar la fragilidad y de eliminar tensiones internas son: disminuir la resistencia a la rotura por tracción, el límite elástico y la dureza; aumentar el alargamiento. (12)

CAPITULO III

TRATAMIENTOS TERMOQUIMICOS.

CAPITULO III

TRATAMIENTOS TERMOQUIMICOS

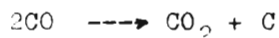
Se llama tratamiento térmico químico a la saturación superficial del acero con tal o cual elemento (por ej., con C, N, Al, Cr) por difusión desde el medio ambiente efectuada a alta temperatura.

El tratamiento térmico químico consta de 3 procesos elementales:

1) Procesos que transcurren en el medio ambiente y que conducen a la separación del elemento difundidor en estado elemental; a estos procesos pertenecen: la disociación del amoniaco con la separación de nitrógeno elemental por la reacción:



y del monóxido carbónico con la separación de carbono elemental por la reacción:



2) Contacto de los átomos del elemento difundidor con la superficie de la pieza de acero y la formación de enlaces químicos con los átomos del metal básico. (Adsorción)

3) Difusión, es decir, penetración del elemento saturador en las profundidades del metal.

La velocidad de difusión al penetrar los átomos difundidores en la red cristalina del hierro no es igual y depende del tipo de solución formada. Durante la saturación con carbono o nitrógeno, que forman con el hierro -

soluciones sólidas intersticiales, la difusión transcurre generalmente en forma más fácil que durante la saturación con los metales que forman soluciones sólidas de sustitución.

La concentración del elemento difundidor en la superficie depende de la actividad del medio ambiente que asegura la afluencia de átomos de este elemento a la superficie, y de la velocidad de los procesos de difusión que -- conducen a la desviación de estos átomos a las profundidades del metal.

La profundidad de penetración depende de la temperatura y duración de saturación, así como de la concentración del elemento difundidor en la superficie.

El espesor de la capa difusiva (y) en dependencia -- de la duración del proceso (t) a una temperatura dada, -- frecuentemente se determina por la relación parabólica:

$$y = k\sqrt{t}$$

por lo tanto, con el tiempo la velocidad de aumento del espesor de la capa disminuye ininterrumpidamente.

El espesor de la capa difundida en otras condiciones iguales es tanto mayor, cuanto más alta es la concentración del elemento difundidor en la superficie del metal.

Al aumentar la temperatura la velocidad de difusión aumenta. Por eso, con el aumento de la temperatura aumenta el espesor de la capa difundida. (17)

Los principales tratamientos termoquímicos más usa dos son: la Cementación y la Nitruración.

3.1 CEMENTACION.

También conocida como carburación debido a que en --
esencia consiste en la adición de carbono a la superfi--
cie de los aceros con bajo contenido de este elemento. --
Esto tiene como fin el poder endurecer por medio del tem --
ple y revenido únicamente las zonas expuestas a esta --
acción, dejando el núcleo tenaz.

La forma en que se introduce el carbono en el acero --
consiste en rodear a la pieza de un medio rico en ese --
elemento y someterlo a temperaturas superiores a 910°C --
para que por difusión sea absorbido.

Los medios carburantes pueden ser sólidos, líquidos --
o gaseosos.

Cuando se usa el medio sólido, las piezas se rodean --
generalmente de una mezcla que contiene como elemento --
carburante carbón vegetal o animal y carbonato de bario --
como acelerador, todo esto dentro de una caja sellada ex --
teriormente para evitar el contacto con la atmósfera del --
horno en que va a calentarse. El tiempo de tratamiento --
depende de la profundidad que se desee obtener en la ca --
pa cementada y de otra serie de factores, entre los que --
es importante hacer notar que la velocidad de difusión --
no es constante ya que al principio se lleva a cabo a un --
promedio de 0.3mm por hora para ir disminuyendo hasta --
ser de aproximadamente 0.1mm por hora.

Para la cementación en medio líquido el elemento --

cementante es cianuro de sodio o potasio en forma fundida, al que se le agrega carbonato de sodio como diluyente y cloruro de bario o sodio, como acelerador.

El medio gaseoso normalmente consiste de gas natural o de propano diluido en nitrógeno o aire.

Por cualquiera de los métodos, el grueso de la capa se intenta que sea de un par de milímetros como máximo.

Después del calentamiento se procede a enfriar la pieza por los métodos normales para el temple, ya sea en forma sencilla o después de enfriado vuelta a calentar a menor temperatura que vaya de acuerdo al nuevo contenido de carbono y enfriar otra vez rápidamente.

El último paso consiste en revenir la pieza conforme a la práctica normal.

La elección del método va de acuerdo a las facilidades con que se cuente para ello, y así la cementación gaseosa se usa para la producción masiva por ser muy rápida y de fácil control. La cementación en medio líquido también es muy rápida y sin necesidad de equipo especializado como el de la gaseosa, es también más económica que la del sólido, sin embargo tiene la desventaja de ser muy peligroso el proceso por el manejo de sales excesivamente venenosas.

El medio de sólido requiere de las cajas de empaque con lo que el proceso eleva su costo, pero es ideal para el tratamiento eventual de piezas. (1)

Temperatura de cementación.

El agente cementante influye sobre la temperatura de cementación. La cementación en baños se efectúa a temperaturas comprendidas entre 300 y 950°C. Al aumentar la temperatura de cementación aumenta la velocidad de difusión del carbono en las piezas, pero no por eso es siempre satisfactorio el incrementar dicha temperatura, ya que al aumentar esa velocidad de difusión se desplaza el equilibrio entre CO y CO₂ a favor del CO₂.

Por esta razón, en el medio carburante, debe mantenerse un equilibrio entre el CO, que actúa como carburante, y el CO₂ que es descarburante. Cuanto más CO exista, más acelerará la cementación y si hay exceso de CO₂ se frenará la cementación o incluso puede producirse descarburación. El equilibrio que gobierna la cementación se representa por la llamada curva de Boudouard que se reproduce en la fig. 3. Puede observarse que al aumentar la temperatura es mayor la proporción de CO respecto a la de CO₂, que es preciso mantener para que se produzca cementación y no descarburación. Ello puede explicarse porque es requerida una oferta mayor de CO como consecuencia del aumento de la velocidad de difusión con la temperatura. De la curva puede deducirse la proporción de CO, que es necesario mantener a una determinada temperatura para que la cementación progrese hasta producirse la saturación.

condiciones para el equilibrio CO/CO₂.

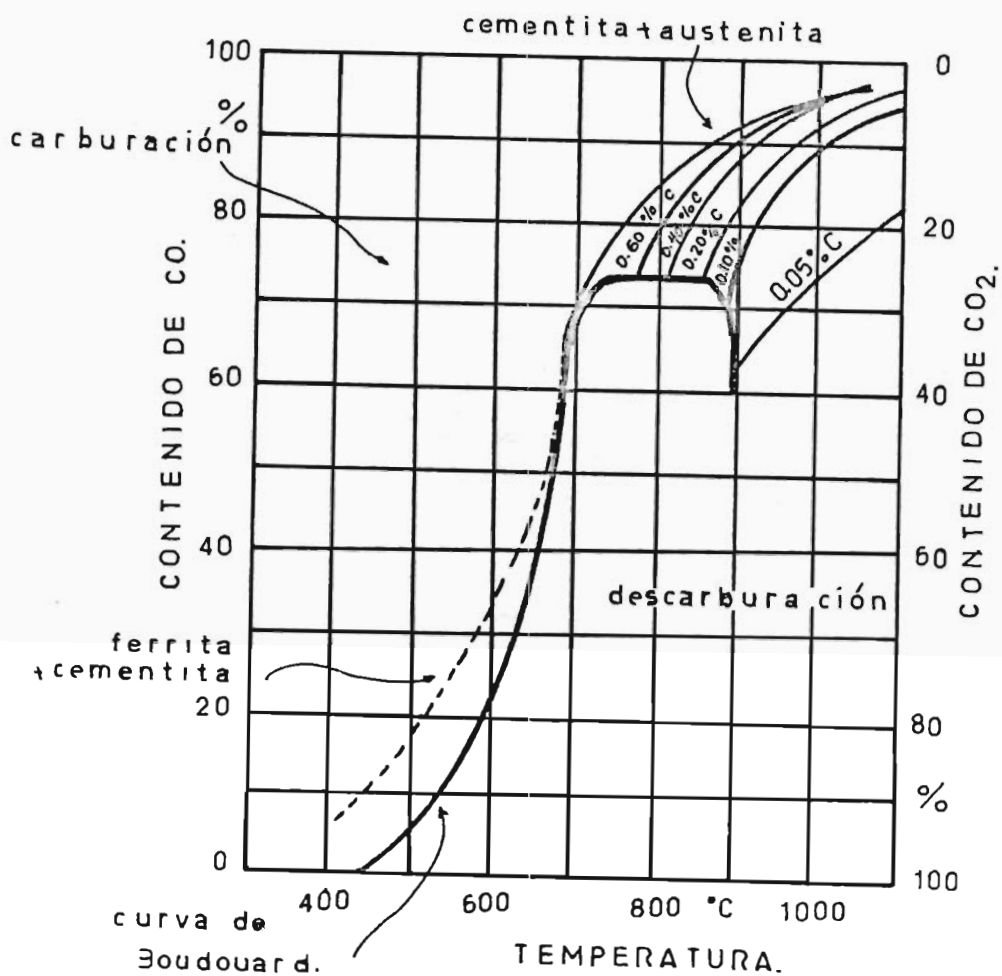


FIG. 3

Cementación en baños de sales.

La cementación del acero en un agente cementante líquido se realiza en baños de sales de diferentes composiciones a temperaturas comprendidas entre 820 y 930°C. Las mezclas de sales empleadas para esta finalidad suelen llamarse sales para cementar y se dividen en sales activadas y no activadas.

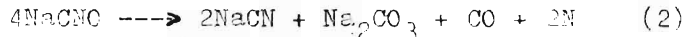
Reacciones químicas en baños de sales.

Las reacciones que suceden en los baños son las siguientes:

En los baños no activados se oxida primero el cianuro sódico a cianato:



El cianato se descompone por la acción del calor:



El CO formado puede cementar de acuerdo con el equilibrio de Boudouard:

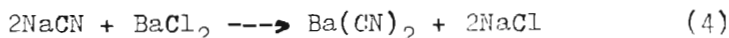


El cianuro de sodio formado en la reacción (2) vuelve nuevamente a comenzar el ciclo siendo siempre el carbón el producto final de la transformación.

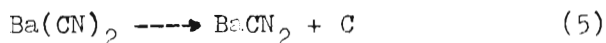
Según las ecuaciones anteriores es perjudicial para la cementación impedir o dificultar el acceso de oxígeno del aire a los baños no activados, cubriéndolos con grafito. La práctica ha confirmado esta teoría, pues los baños de esta clase cementan peor cuando se les cubre con grafito.

En las sales que contienen activadores es muy distinta la reacción en el baño. Todas las sales para cementar,-

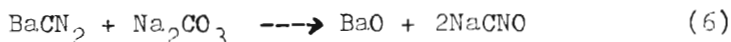
activadas, contienen cloruros de bario o de estroncio, o mezcla de ambos cloruros alcalino-térreos. El cianuro sódico reacciona con estos cloruros de la manera siguiente:



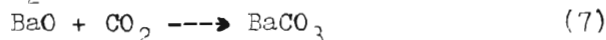
El cianuro de bario se descompone a las temperaturas de trabajo de 850 a 930°C en cianamida de bario y carbono



y la cianamida reacciona con el carbonato sódico formando cianato sódico y óxido de bario:



El cianato sódico se descompone según la ecuación (2), en cianuro sódico, carbonato sódico, óxido de carbono y nitrógeno, y el óxido de bario formado según la ecuación (6) fija CO₂ con formación de carbonato bórico.



Como consecuencia de esta reacción, resulta comprensible la eficacia de la cementación.

Aplicación de la cementación en baños de sales.

Los baños sin activador dan un contenido bajo de carbono en las zonas marginales, pero, al mismo tiempo, el nitrógeno disociado del cianuro ayuda a obtener una alta dureza marginal. Sin embargo, con tales baños no podrán obtenerse grandes profundidades de cementación, y las zonas endurecidas con ellos no podrán rectificarse sin que la dureza disminuya considerablemente. Esto se debe en parte, a que el nitrógeno, que contribuye a la dureza sólo puede penetrar en el acero a muy poca profundidad.

En cambio, estos baños son muy apropiados para obtener capas cementadas muy delgadas a temperaturas por debajo del punto perlítico, o sea, entre 650 y 700°C. Las capas así obtenidas son muy duras y, debido a la baja tempe

ratura, las deformaciones inherentes a ésta clase de tratamiento térmico son muy pequeñas.

Debido al alto contenido de cianuro, que en todo caso no deberá ser menor del 40%, los baños de cementación sin activador no son aplicables donde sigue un temple inmediato en baño caliente o en solución de nitratos, porque entre el cianuro contenido en el baño cementante y el nitrato se producirían violentas reacciones.

Los baños con activador carburan en forma mucho más efectiva, del modo que las zonas endurecidas con ellos mantienen, aún después del rectificado, una dureza bastante alta y resisten grandes cargas sin hundirse la película cementada.

Los aceros de cementación, los aceros para trabajos en tornos automáticos y las partes de chapas de superficie blanca y similares de difícil cementación deberán tratarse, por lo tanto con preferencia, en baños con activador, al igual que todas aquellas piezas que, después de la carburación, sean rectificadas, templadas en baños calientes o expuestas a grandes cargas. (16)

3.2 NITRURACION.

Este tratamiento consiste en la introducción de nitrógeno atómico o naciente a la superficie del acero, éste se logra exponiendo la pieza a una atmósfera de amoníaco a temperaturas entre 500 y 600°C en donde el compuesto se disocia en hidrógeno y nitrógeno.

El nitrógeno absorbido por el acero forma nitruros de fierro de una dureza elevada, por lo que no se requiere en friar rápidamente para desarrollarla.

Es un tratamiento muy usado debido a que por las bajas temperaturas empleadas y al enfriamiento lento las piezas no sufren deterioro de la superficie, ni deformaciones. (1)

La nitruración también se puede efectuar en medio líquido ya que todas las sales fundidas que contienen cianuros ceden al acero, no solamente carbono, sino también nitrógeno. Pero, mientras a una temperatura superior a 800°C la nitruración retrocede frente a la carburación, al descender la temperatura crece la nitruración, de modo que por debajo de 600°C es la única que aparece. (8)

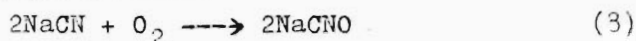
Nitruración en baños de sales.

La nitruración en baños de sales, se realiza sumergiendo las piezas o herramientas en un baño de sales que contiene cianuros y a una temperatura de 520 a 580°C. El efecto nitrurador de los baños que contienen cianuros depende en primer lugar de su contenido de cianato. Para que la nitruración sea perfecta es necesario que el baño tenga una composición exactamente determinada. Se recomienda un

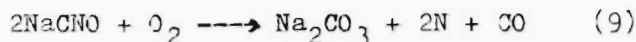
baño que tenga 50% de NaCN y 40% de KCN, aproximadamente.- Esta mezcla de sales funde a 502°C. Para conseguir con él una buena nitruración es necesario envejecerlo varios días es decir, que solo empieza a dar buenos resultados después de transcurrido ese tiempo de funcionamiento. La razón es que solo entonces se forma suficiente proporción de cianatos. En los baños de sales se pueden nitrurar también los aceros no aleados, mientras que en la nitruración con gas exige incondicionalmente el empleo de aceros de nitruración.

Reacciones en el baño de nitrurar.

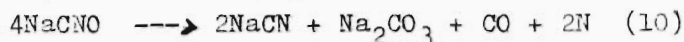
El baño de nitrurar se descompone lentamente por oxidación durante su funcionamiento:



Los cianatos de sodio o potasio formados pueden formar carbonato sódico por oxidación posterior:



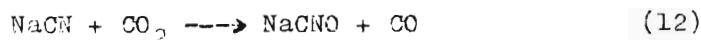
o por descomposición térmica:



De acuerdo con el equilibrio de Boudouard se forma dióxido de carbono a partir del monóxido:



y el CO_2 formado reacciona a su vez con el cianuro para formar cianatos de sodio o de potasio.



Los baños son suficientemente estables si tienen un contenido entre el 25 y el 35% de KCN. (16)

Control del baño de nitrurar.

La fusión del baño de nitrurar se realiza de la misma manera que las sales de cementar que contienen cianuros, - p. ej., en crisoles de acero del mismo tipo. No debe olvidarse que con el uso prolongado se nitruran los propios - crisoles de acero y se hacen frágiles. Al desmontar uno de estos crisoles hay que tener cuidado para que no se rompa. También es necesario evitar siempre sobrecalentamientos a temperaturas de 600°C , o mayores, porque las sales de nitrurar se descomponen. Si durante el sobrecalentamiento -- hay piezas dentro del baño, se forma una capa de combinación doble, y la capa externa se rompe y desconcha muy fácilmente; las piezas parecen haber sufrido un ataque corrosivo y resultan prácticamente inútiles. Los baños de nitrurar no se pueden cubrir con grafito.

A pesar de su estabilidad, los baños de nitrurar deben comprobarse periódicamente, determinando por análisis químico, sus contenidos de cianuro y cianato. La eficacia del baño pueda controlarse también por observación del -- punto de fusión. Como hemos visto mediante las igualdades de reacción, se forman durante el uso del baño cianato y carbonato a partir del cianuro. El enriquecimiento en carbonato sódico hace aumentar naturalmente el punto de fusión del baño. Si este no se ha sobrecalentado, puede realizarse la observación cuando se pone fuera de servicio el baño, determinando la temperatura a la que cristalizan las primeras sales. Si el punto de fusión se mantiene alrededor de los 400°C , se puede seguir utilizando el baño. Las reacciones que ocurren en los baños suelen perturbarse extraordinariamente por la adición de sales extrañas, por lo que debe cuidarse que no llegue al baño ninguna de ellas, y en especial, las de cementar activadas o las de recocer

que contienen alcalinotérreos. (16)

3.3 OTROS TRATAMIENTOS TERMICOS QUIMICOS.

Además de los métodos mencionados anteriormente existen otros como son: la Carbonitruración, sulfinitación y la silicatación, que son muy poco usados.

Carbonitruración.

Es una combinación de la cementación en medio gaseoso y la nitruración. La temperatura de aplicación es de aproximadamente 300°C , haciéndose necesario el enfriamiento rápido.

En este proceso se consigue un enriquecimiento simultáneo de carbono y nitrógeno en la superficie de las piezas.

Sulfinitación.

Es un tratamiento muy raro en nuestro medio y consiste en introducir azufre a la superficie del acero, con ello se obtienen propiedades lubricantes que le dan a la pieza un coeficiente de rozamiento mínimo.

Se lleva a cabo en un baño de sales fundidas, compuesto por cianuro de sodio y sulfato de sodio, a temperatura del orden de los 550°C .

Silicatación.

Es otro tratamiento poco usado, con él se introduce silicio a la superficie de las piezas para mejorar las propiedades de resistencia a la corrosión, a los ácidos y al desgaste. (1)

CAPITULO IV

MEDIOS DE ENFRIAMIENTO Y TIPOS DE SALES
UTILIZADOS EN LOS TRATAMIENTOS TERMICOS.

CAPITULO IV
MEDIOS DE ENFRIAMIENTO Y TIPOS DE SALES
UTILIZADOS EN LOS TRATAMIENTOS TERMICOS.

4.1 MEDIOS DE ENFRIAMIENTO.

Elección del medio de temple.

Para obtener en el temple de los aceros los mejores resultados, conviene utilizar el medio de enfriamiento menos enérgico que sea capaz de comunicar al acero una velocidad de enfriamiento superior a la crítica. De esta forma se consigue una estructura totalmente martensítica, la máxima dureza compatible con su composición y se evitan en lo posible las grietas y deformaciones. En los enfriamientos rápidos siempre existe el peligro (independientemente de la composición del acero) de que se creen tensiones, debido al desigual enfriamiento de las piezas, ya que la periferia se enfría rápidamente, mientras en el corazón el acero está todavía a elevada temperatura. En los enfriamientos lentos, en cambio, la temperatura es más uniforme en toda la masa de las piezas, y son menos frecuentes las grietas y deformaciones.

Para conocer la influencia que sobre el temple ejercen los diferentes medios de enfriamiento, es muy interesante estudiar las diversas etapas que se presentan en estos procesos.

1a. Etapa. Conducción y radiación a través de la capa gaseosa.

Cuando el acero es introducido en el líquido, como su temperatura es muy alta, se forma una capa de vapor que rodea al metal y el enfriamiento se hace por conducción y radiación a través de la capa gaseosa. El enfriamiento en el comienzo de esta fase es relativamente lento, incluyendo -

en ello, principalmente la temperatura de ebullición del líquido y también la conductibilidad del vapor.

Cuanto mayor es la temperatura del líquido de temple, tanto más dura la fase de recubrimiento por vapor.- En las soluciones salinas es más breve que en el agua pura, lo que puede atribuirse a que las primeras contienen menos gases disueltos, que se liberan en el temple y contribuyen a la formación de la capa de vapor. Otra razón posible para la mayor eficacia de las soluciones salinas es que la vaporización local produce inmediatamente cristales de la sal, los cuales ejercen al parecer, un efecto mecánico sobre la adherencia del vapor. Estas características de las soluciones de sales evitan la aparición de puntos blandos en el temple.

2a. Etapa. Transporte de vapor.

Cuando desciende la temperatura de la superficie -- del metal, la película de vapor va desapareciendo, sin embargo, el líquido hierve todavía alrededor de las piezas y se forman muchas burbujas que rodean el acero. Estas burbujas son transportadas principalmente por corrientes de convección de vapor, se va separando de la superficie de la pieza y va siendo reemplazado por el líquido.- Esta es la etapa de más rápido enfriamiento y es llamada de enfriamiento por transporte de vapor.

3a. Etapa. Conducción y convección del líquido.

Esta etapa se presenta generalmente por debajo de - 300°C. El enfriamiento lo hace el líquido por conducción y convección, cuando la diferencia de temperatura entre la superficie y el medio enfriante es ya pequeña. Esta etapa se llama de enfriamiento por líquido y es más lenta que las anteriores, dependiendo su importancia de la conductibilidad térmica del líquido y de su agitación.

Por lo tanto, las propiedades que más influyen en el poder templante de los líquidos son: su temperatura de ebullición, su conductibilidad térmica, su viscosidad, su calor específico y su calor de vaporización.

La temperatura de ebullición es muy importante en la primera etapa, el calor de vaporización en la segunda y la conductibilidad térmica en la tercera.

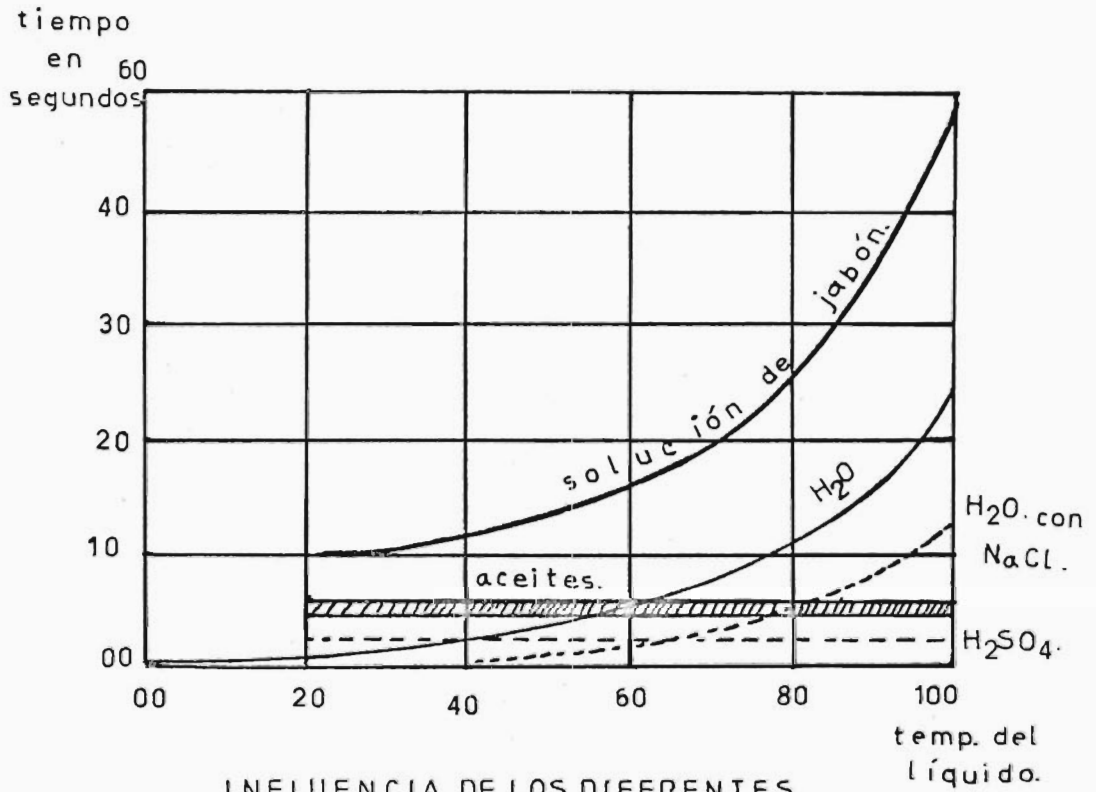
La viscosidad también influye en la velocidad de enfriamiento en la segunda y tercera etapa.

En la fig. 4 se ve que en las soluciones acuosas la duración de la primera fase depende de la temperatura del líquido y como para conseguir que los aceros templen, esta fase debe ser lo más corta posible para evitar que en la zona de los 650° a 500°C se formen estructuras blandas, se comprende la necesidad de que el agua no se caliente ni pase de los 30°C . Cuando el agua está caliente se prolonga demasiado el enfriamiento por vapor y aparecen puntos blandos.

En la misma figura se ve también la influencia tan perjudicial que ejerce el jabón en solución en el agua.

Se puede apreciar también la ventaja de la adición del NaCl al agua y el excelente comportamiento de los aceites y del ácido sulfúrico. Este ácido conserva a todas las temperaturas la fase de enfriamiento de vapor relativamente corta, por lo que teóricamente es el mejor de todos, pero su gran poder corrosivo impide su utilización.

(3)



INFLUENCIA DE LOS DIFERENTES MEDIOS DE ENFRIAMIENTO EN EL TEMPLE.

FIG. 4

Los medios de temple más importantes son:

- 1) aceites para templar.
- 2) agua, o soluciones acuosas, y salmueras (NaCl, - nitratos, NaOH, NaCN).
- 3) baños fundidos constituidos por sales.

Aceites.

Los mejores aceites para el temple son los aceites minerales obtenidos en la destilación fraccionada del petróleo. En la actualidad muchas destilerías están preparando algunos tipos especiales para el temple de los aceros.

Un buen aceite debe poseer las siguientes propiedades:

a) Viscosidad.

Su viscosidad debe estar comprendida entre ciertos límites. Si el aceite es demasiado viscoso la película de aceite próxima a la superficie del metal tiende a carbonizarse, porque las corrientes de convección son muy lentas. Esa carbonización disminuye el poder refrigerante del aceite y limita su utilización. Si la viscosidad es baja el aceite se adhiere menos a las piezas; pero se volatiliza rápidamente con la consiguiente pérdida de líquido. Por tanto, la viscosidad debe estar comprendida entre ciertos límites que a la temperatura ambiente son 5 a 9° Engler y a 50°C son de 2 a 4° Engler.

Con el uso, la viscosidad del aceite aumenta, llegando algunas veces después de varios meses de empleo a 15° a 30° Engler a la temperatura ambiente, siendo necesario evitar el uso de aceites de estas características.

b) Volatilidad.

La volatilidad no debe ser demasiado elevada porque se pierde aceite con el uso y se espesa el baño, con la consiguiente pérdida en la velocidad de enfriamiento.

Además, un aceite volátil, al ponerse en contacto con el metal caliente, desprende numerosas burbujas y se forma mucho vapor alrededor de las piezas, disminuyendo la velocidad de enfriamiento y prolongándose la fase de enfriamiento con vapor, que suele dar lugar a la aparición de puntos blandos.

c) Temperatura de inflamación y temperatura de combustión.

La temperatura de inflamación y la de combustión deben ser lo más elevadas posibles, para evitar excesivo humo en el taller y también el peligro de que se inflame el baño.

En los aceites corrientes la temperatura de inflamación suele oscilar entre 180° y 275°C y la combustión entre 200 y 325°C, considerándose las de 215 y 275 como satisfactorias.

d) Deben tener gran resistencia a la oxidación.

En los últimos años las refinerías de petróleo han logrado producir aceites que, con relativa baja viscosidad, tienen gran resistencia a la oxidación. Por selección del aceite crudo se pueden fabricar aceites con una cantidad muy pequeña de hidrocarburos poco estables que resisten en caliente mucho mejor que los demás la oxidación por el oxígeno del aire.

2.- Agua.

Debe evitarse que el agua se caliente durante el temple. Conviene que la temperatura del agua oscile entre 15 y 20°C, pues si la temperatura es superior a 30°C se prolonga exageradamente la primera etapa del enfriamiento, lo que es un gran inconveniente, porque con ello disminuye la velocidad de enfriamiento en la zona 750°C-500°C y se favorece, sobre todo en los aceros de poco poder templante la formación de estructuras blandas.

Soluciones salinas.

Se utilizan soluciones de sal común, NaCl, al 10% o las que contienen cloruro potásico en lugar del sódico.- También se emplean como medios de temple soluciones 5 al 10% de sosa cáustica.

Cuanto más suavemente se quiera templar, mayores deben ser la concentración de sal y la temperatura del baño.

3.- Salas fundidas.

Además del agua, el aceite y las soluciones acuosas se emplean también como medios de temple las sales fundidas. Las temperaturas de los baños dependen del empleo y se encuentran generalmente en el intervalo de los 200 a los 600°C. Para temperaturas de hasta 500 a 550°C, se emplean mezclas de nitratos y nitritos alcalinos. Para más de 550°C, se utilizan mezclas de sales exentas de nitratos.

Cuando se temple en baño caliente, en lugar de enfriar en aceite, se tiene la ventaja de que no se forman

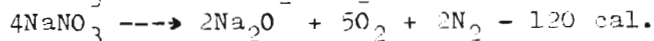
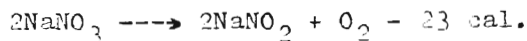
burbujas de vapor, y por tanto, no se producen endurecimientos heterogéneos. El enfriamiento desde la temperatura de temple hasta la del baño se produce por convección pura. (16)

4.2 SALES PARA LOS BAÑOS.

Las sales que se usan en los baños están expuestas durante el tiempo de empleo a modificaciones que pueden ser parciales, pero que se originan como consecuencia de reacciones accesorias no deseadas provocadas por impurezas, o por descomposición térmica producida por sobrecalentamiento. Estas alteraciones llegan a inutilizar los baños (p. ej., los de revenido). Las modificaciones menos importantes las experimentan las sales de recocido y temple, en las que solo suelen producirse reacciones químicas si llegan materias extrañas al baño.

SALES PARA REVENIR. (SALES QUE CONTIENEN NITRATOS).

El revenido y el temple del acero en baño caliente, así como los tratamientos térmicos de las aleaciones ligeras, se realizan cada vez más en baños de sales constituidos por nitratos alcalinos, generalmente mezclas de nitratos sódico y potásico y nitrito sódico. La fusión se realiza en crisoles de acero moldeado, fundición gris o aceros refractarios. La temperatura de servicio depende de la necesaria para los tratamientos y no debe sobrepasar los 550°C. A partir de los nitratos alcalinos se forman óxidos y nitritos, lo que puede atribuirse a diferentes causas. La descomposición térmica de los nitratos alcalinos fundidos transcurre al elevarse la temperatura de acuerdo con las reacciones:



La naturaleza endotérmica de estas reacciones contrarresta los peligrosos sobrecalentamientos de los baños de nitratos. Por debajo de los 550°C solamente se forma óxido de sodio por la reducción del nitrato por ma

terias orgánicas extrañas, tales como madera, papel o --
aceite.

Al iniciarse la descomposición de los nitratos se --
observa un desprendimiento tumultuoso de oxígeno, que mu
chas veces se denomina "hervido" o "formación de espuma".

La cantidad en que se forman nitritos depende funda
mentalmente de la duración y de la temperatura de calen
tamiento. Los óxidos se forman debido a las impurezas --
atrapadas y a la temperatura alcanzada. (16)

SALES PARA TEMPLE Y RECOCIDO.

Con las materias primas de que hoy se dispone no es posible preparar económicamente una mezcla de sales que pueda emplearse en el intervalo de temperaturas de 400 a 1300°C. El refinamiento creciente de los tratamientos -- térmicos ha hecho que en los últimos años se haya desarrollado toda una serie de nuevos baños con propiedades especiales exactamente definidas y medibles. Los baños de recocido pueden clasificarse en inertes y no inerte.

Los baños no inertes son los que pueden hacer variar los contenidos de carbono o nitrógeno del acero, -- mientras que los inertes no producen modificación alguna en la superficie de este material.

Los baños no inertes se subdividen a su vez en baños alcalinos, baños de cloruros y baños que contienen cianuros.

Baños alcalinos.

Son mezclas de carbonatos alcalinos, hidróxidos alcalinos y ocasionalmente cloruros alcalinos. Estos baños contienen oxígeno combinado y en consecuencia actúan como descarburantes intensos y, en ciertas circunstancias, incluso oxidan a la superficie del acero. Por estas razones, se emplean solo para las temperaturas más bajas.

Baños de cloruros.

Están constituidos por mezclas de cloruros de los -- metales alcalinos y alcalinotérreos y no contienen oxígeno combinado. Durante el funcionamiento disuelven hierro

y absorben lentamente oxígeno, por lo que a la larga se convierten en descarbonantes.

Baños que contienen cianuros.

Este grupo de baños de temple y recocido representa un paso previo hacia los baños inertes. Estrictamente, un baño que contiene cianuros es neutro, pero solamente para un tipo de acero con un determinado contenido de carbono. El mismo baño cementa a un acero de bajo contenido de carbono, mientras que descarbura a otro acero cuyo contenido de carbono sea elevado. El contenido de carbono para el que el baño se comporta como neutro depende de su proporción de cianuros y de la cantidad de activador que contiene.

La razón para que la composición de los baños de cianuros para temple y recocido se base en el empleo de dos sales es la siguiente: La adición empleada como sal con alto contenido de cianuro se descompone rápidamente según sean la temperatura y la cubierta del baño. Independientemente de ello, las piezas a templar arrastran continuamente sal fuera del baño. Con el sistema de dos sales, sólo es necesario añadir la cantidad de la más costosa sal rica en cianuros que indiquen las valoraciones químicas, --mientras que la cantidad mucho mayor de sal que es necesario añadir para aprovechar bien el horno se hace con la sal de recocido más barata.

No obstante, no puede llegarse al extremo de añadir solamente la sal rica en cianuros cuando, por ser poco el consumo, bastase esta adición para mantener lleno el crisol sin necesidad de añadir sal de recocer. La descarbonación en un baño de cloruros con adición de cianuro, no so

lo es impedida por la cantidad de cianuro existente sino - también por la que hay presente de cloruro de bario. Por esta razón deberán añadir siempre cantidades iguales de - las dos sales.

Estos baños pueden emplearse hasta la temperatura -- máxima de 950°C.

Baños inertes.

Los baños de cloruros puros, mezclas fundidas de clo - ruros alcalinos y alcalinotérreos, pueden convertirse en inertes por la adición de ciertas sustancias inhibidoras, que no pueden utilizarse para los baños alcalinos ni para ninguno que tenga oxígeno combinado de alguna manera. El efecto de estas sustancias se debe a que reaccionan con - las combinaciones oxigenadas que se originan durante el - funcionamiento de los baños de cloruros, formando silica - tos y reduciendo el óxido de hierro a metal. (16)

CAPITULO V

METODOS DE ANALISIS UTILIZADOS PARA EL CONTROL
DE LOS DIFERENTES MEDIOS UTILIZADOS EN LOS TRA
TAMIENTOS TERMICOS.

CAPITULO V

MÉTODOS DE ANÁLISIS UTILIZADOS PARA EL CONTROL DE LOS DIFERENTES MEDIOS UTILIZADOS EN LOS TRATAMIENTOS TÉRMICOS.

5.1 CONTROL DE LOS MEDIOS DE ENFRÍAMIENTO.

Las pruebas físicas y químicas que se deben efectuar al aceite de templear para verificar que está dentro de -- las normas establecidas, son las siguientes:

Temperatura de Inflamación:

Básicamente mide la inflamabilidad de los productos del petróleo y es la más baja temperatura a la cual los vapores de la muestra se queman cuando se les hace pasar una pequeña flama por la superficie. Nos indica la temperatura en que comienza la evaporación del aceite.

Se efectúa tomando una muestra del aceite y calentando lentamente, pasando frecuentemente por la superficie -- del recipiente una flama, cuando esa flama prenda los vapores se toma inmediatamente la temperatura y esta temperatura es la de inflamación. (9)

Viscosidad.

La viscosidad es una medida de la resistencia al deslizamiento, debida a una fricción interna.

Se mide por diferentes métodos aceptados, que se fundan en el mismo principio básico, es decir, se mide el -- tiempo requerido para que a una temperatura determinada, -- una cantidad dada de aceite fluya por gravedad a través --

de un orificio o capilar de un tamaño específico.

La ley que rige el flujo de un líquido a través de un tubo capilar está expresada por la ecuación de Poiseuille. La unidad de viscosidad es el poise, expresado en dinas-seg por cm^2 .

$$N = \frac{pr^4}{8Vl^t}$$

N = coeficiente de viscosidad, en poises.

V = volumen de líquido.

l y r = longitud y radio del tubo capilar.

t = tiempo en segundos.

p = presión.

Los métodos convencionales para la medida de la viscosidad son:

a) Tubo capilar, de tipo Ostwald. Los resultados vienen expresados en poises o en sus múltiplos: centipoise, milipoise.

b) Saybolt, un método patrón en la industria del petróleo. Los resultados vienen expresados en términos de tiempo de derrame.

La temperatura a la cual se mide la viscosidad y el sistema de medición deben acompañar al número de viscosidad, de otra manera el número no tendrá significado.

Método Saybolt.

Procedimiento empleando el viscosímetro Saybolt.

El orificio standard es satisfactorio para aceites - que tengan un tiempo de salida de más de 25 seg.

Calentar la muestra a no más de 1.5°C por encima de la temperatura a la que se va a determinar la viscosidad. Corrientemente se emplean los 55°C y 115°C . Llenar el tubo hasta que la muestra desborde y entonces agitar el -- aceite hasta que la temperatura sea constante; a la temperatura elegida. Eliminar rápidamente el exceso de grasa - con un tubo de recogida. Colocar un frasco colector debajo del tubo de aceite, quitar el tapón de corcho y en el mismo instante poner en marcha un cronómetro. Detener éste cuando la parte inferior del menisco de aceite en el - frasco alcance la marca grabada en el cuello del mismo. - El tiempo de salida en segundos es la viscosidad Saybolt Universal a la temperatura elegida para su determinación.

(13)

Número de neutralización.

Es el número expresado en mgs. de KOH que se necesitan para neutralizar el ácido de un gramo de aceite.

Por medio de esta prueba podemos ver los cambios relativos del aceite bajo condiciones de oxidación.

Mide la formación de productos dañinos en los aceites. (9)

Agua por destilación.

Este procedimiento se utiliza para pequeños porcentos de agua. Se agrega al aceite algún solvente de petróleo como gas nafta o xilol destilando la solución. El agua se recoge en un tubo graduado y se expresa en porcentaje por volumen.

La prueba nos indica las condiciones de humedad del aceite en servicio. (9)

Agua y sedimento.

Se usa para determinar la presencia de grandes porcentos de agua. El aceite se disuelve en benzal y la mezcla se centrifuga hasta que el agua se ha separado hacia el fondo del tubo de centrifugación. Los resultados se expresan en % y nos indican la condición de limpieza de un aceite en servicio. (9)

Determinación del % de NaOH en el tanque de templado.

Se toman aproximadamente 150 ml. de muestra (después de que el tanque se ha limpiado y agitado durante 10 minutos). Si está muy sucia se filtra, se miden 5 ml. con pipeta, se pasan a un matraz Erlenmeyer, se le añaden unas gotas de fenolftaleina como indicador y se titula hasta decoloración, (del color violeta) con algún ácido de normalidad conocida.

Cálculos:

$$\% \text{ NaOH} = \frac{\text{ml. gastados} \times N (\text{ácido}) \times \text{meq. NaOH} \times 100}{\text{volumen de muestra}}$$

(11)

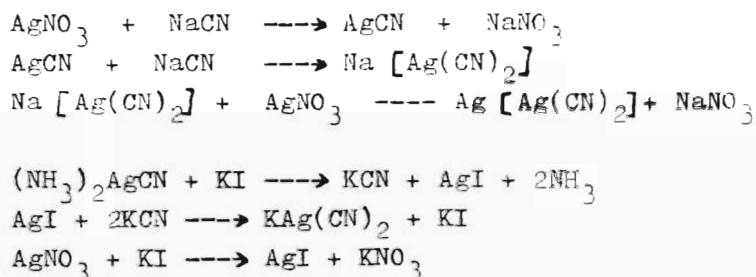
5.2 CONTROL DE LOS BAÑOS DE CEMENTACION Y DE NITRURACION.

Determinación de cianuro sódico. (Liebig)

Fundamento:

Los cianuros alcalinos se pueden valorar con nitrato de plata en solución neutra, o débilmente ácida, y en presencia de cloruros. El exceso inicial de NaCN redissuelve el cianuro de plata por formación del complejo $\text{NaAg}(\text{CN})_2$, soluble. Cuando se ha adicionado suficiente cantidad de nitrato de plata se transforma todo el cianuro en cianuro doble. El exceso de iones plata formará con aquel un precipitado de cianuro de plata que es el que indica el punto final. Si existe NH_3 impide apreciar el final de la reacción, debido a que el cianuro de plata es soluble en él, pero en este caso, se agrega un poco de KI.

Reacciones:



Reactivos:

a) Solución de nitrato de plata 0.1N

Se prepara disolviendo 16.979 g. de nitrato de plata químicamente puro en agua destilada y completando a un litro.

b) Solución indicadora.

Se disuelven 100 g. de hidróxido sódico y 6 gr. de ioduro potásico en 800 ml. de agua y aparte 15 gr. de acetato de plomo en 200 ml. de agua. Finalmente, las dos soluciones se mezclan.

Procedimiento:

La sal se pulveriza finamente en un mortero pequeño y se pesa un gramo para el análisis. La cantidad pesada se pasa a un matraz Erlenmeyer de 250 ml. y se disuelve en 100 ml. de agua. Se agita. Si la solución es turbia, se filtra para eliminar el sedimento debido a la presencia de sales de bario. Enseguida se agregan 5 ml. de la solución indicadora, se agita y se titula con el nitrato de plata 0.1N hasta que una gota de nitrato dé opalescencia. El punto final se observa mejor sobre fondo oscuro.
(15)

Cálculos:

$$\% \text{ NaCN} = \frac{\text{ml. AgNO}_3 \times N \text{ AgNO}_3 \times 2\text{meq. NaCN} \times 100}{\text{peso de la muestra}}$$

$$\text{meq. CN} = 0.052$$

$$\text{meq. NaCN} = 0.098$$

Determinación del cianuro sódico según Flaschka-Huiditz.

Fundamento.

Se basa en que los iones de níquel reaccionan con -- los de cianuro, en solución débilmente amoniacal para formar el anión complejo $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^-$ níquelocianuro.



Reactivos:

a) Solución de sulfato de níquel 0.1m.

Se pesan 28.086 g. de $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ y se disuelven en - un litro de agua destilada.

b) Polvo indicador de murexida y cloruro de sodio.

Mezcla de las 2 sales en proporción 1:100

c) Amoniaco concentrado o carbonato amónico.

Procedimiento:

De la muestra pulverizada de la sal se pesa un gramo. La cantidad pesada se pasa a un matraz Erlenmeyer de 250 ml. conteniendo aproximadamente 100 ml. de agua destilada. Se agita durante un rato. Después se le agrega un gramo de carbonato amónico o 5 ml. de hidróxido de amonio y se agita durante un minuto. El cianuro ya está disuelto. El punto final de la titulación se hace más notorio usando amoniaco.

Después de haber agitado durante un minuto, se agregan con una espátula el indicador murexida con el cloruro de sodio hasta que la coloración sea clara (color violeta) sin que quede muy oscura por exceso de colorante. Se llena la bureta con solución de sulfato de níquel y se titula la muestra hasta cambio de color. (violeta a naranja)

Cálculos:

$$\% \text{NaCN} = \frac{\text{ml. NiSO}_4 \times m \times 4 \text{milimol NaCN} \times 100}{\text{peso de la muestra}}$$

m = molaridad.

1 ml. de sol'n de sulfato de níquel 0.1m = 19.608 mg
de NaCN

Determinación del % KCN y % KCNO en el baño de sales para NITRURADO.

Es imprescindible para el control del baño de nitrurar realizar la determinación del cianato y del cianuro.

Reactivos:

a) Solución de AgNO_3 0.1537N.

Se pesan 26.1 g. de la sal de nitrato de plata, se disuelven en agua destilada y se afora a un litro.

b) Solución de nitrato de calcio.

Se pesan 100 g. de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, se disuelven en agua destilada y se afora a un litro.

c) Solución de fenoftaleína.

Se pesa 1 g. de la sal y se disuelve en 100 ml. de alcohol etílico.

d) Solución de cromato de potasio.

5 g. de K_2CrO_4 por cada 100 ml. de agua destilada.

Procedimiento:

1. Pesar 5 g. de muestra.
2. Disolver esta muestra en aproximadamente 150 ml. de agua destilada en un matraz Erlenmeyer de 300 ml.
3. Aforar a 250 ml.
4. Agregar 40 ml. de sol'n de nitrato de calcio.
5. Dejar reposar aproximadamente 10 minutos a que precipite el carbonato sódico. (color blanco).
6. Filtre la solución en un matraz Erlenmeyer de 500 ml.
7. Del filtrado saque SIN SUCCIONAR CON LA BOCA 50 - ml. y viértalos en un matraz de 250 ml.

8. Agregue 50 ml. de agua destilada.

9. Use 5 gotas de la solución de fenoftaleína como -
indicador. (tomará un color violeta).

10. Titule con solución de nitrato de plata hasta de-
coloración.

$$\% \text{ KCN} = \text{ml. gastados} \times 4$$

$$4 = \text{Factor} = (2\text{meq.KCN} \times N \text{ AgNO}_3 \times 100) \times 2$$
$$4 = 0.130 \times 0.1537 \times 100 \times 2$$

11. A esta solución se le agrega 4 o 5 gotas del in-
dicador K_2CrO_4 y se sigue con la titulación del % de KCNO.

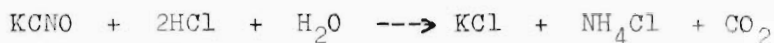
12. Titular con el nitrato de plata hasta que cambie
el color de blanco gelatinoso a amarillo y por último a -
café (mamey rojo).

$$\% \text{ KCNO} = (V_2 - 2V_1) \times 2.5$$

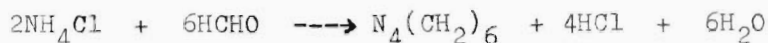
$$2.5 = \text{factor} = (2\text{meq.KCNO} \times N \text{ AgNO}_3 \times 100)$$
$$2.5 = 0.162 \times 0.1537 \times 100$$

Determinación de cianato según Roonhese.

Se pesan exactamente de 0.6 a 1.0 g de la sal y se disuelven en 20 ml. de agua destilada. Se añaden 25 ml. de HCl 0.1N y se hierve durante 10 min. A partir del cianato se forma cloruro amónico:



Se enfría y se diluye a 200 ml. aproximadamente. Si por existir hierro se forma en la ebullición azul de Prusia, debe separársele por filtración, porque estorbaría para la determinación exacta del punto final en la valoración con NaOH. A continuación se valor con NaOH 0.5N frente a fenolftaleína como indicador hasta el rosa débil y se añaden 25 ml. de solución de formaldehído al 30%, neutralizada previamente con NaOH 0.1N frente a la fenolftaleína. Al añadir el formaldehído desaparece el color rosa por la reacción:



y el ácido clorhídrico formado se valora con NaOH 0.1 N frente a fenolftaleína. (16)

Cálculos:

$$\% \text{ KCNO} = \frac{\text{ml. NaOH} \times \text{N NaOH} \times \text{meq.} \times 100}{\text{peso de la muestra}}$$

1ml. de NaOH 0.1N equivale a 3.1 mg. KCNO.

5.3 CONTROL DEL BAÑO DE REVENIDO.

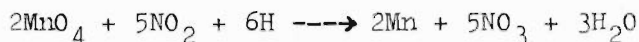
Métodos de análisis de los baños de nitratos.

Durante el largo funcionamiento de los baños de nitratos se producen descomposiciones dependientes de la temperatura y de la duración del servicio. Estas descomposiciones originan que los nitratos de sodio formen nitritos y óxidos alcalinos cuya presencia se hace notar en los baños. Para enjuiciar el estado de un baño, basta determinar volumétricamente el contenido de nitritos y la alcalinidad.

Determinación de nitritos (según Lunge).

Fundamento:

Los nitritos son oxidados en solución ácida por el permanganato, según la ecuación:



Como la solución de nitrito debe ser ácida para que la reacción se efectúe y en esas condiciones el ácido nitroso, que es volátil, se perdería en gran parte, se debe proceder según el método de Lunge, que consiste en poner en la bureta la solución de nitrito y en un matraz un volumen medido de permanganato, acidulado con ácido sulfúrico.

Reactivos:

a) Solución 0.1N de permanganato de potasio.

Se pesan aproximadamente 3.2 a 3.3 g. de permanganato de potasio puro, bien sea en un pesafiltros o en un vidrio de reloj. Se disuelve el permanganato en un litro de agua destilada, contenida en un matraz de un litro.

Para su titulación se utiliza oxalato de sodio.

Procedimiento:

Se pesan 0.3g de la muestra de nitrito molida. Se disuelve en agua y se afora a 100 ml. en un matraz volumé--trico. Esta solución se coloca en una bureta.

Por otra parte se miden 25 ml. de solución 0.1N de -permanganato, se colocan en un matraz Erlenmeyer de 500 -ml., se diluye a 250 ml. con agua destilada y se acidula con 25 ml. de ácido sulfúrico 1:4. Esta solución de per--manganato, se calienta a 40°C y se titula con la solución de nitrito hasta que se decolore el color rosa del perman--ganato. Como la reacción no es instantánea, se procurará cerca del punto final, agregar el nitrito lentamente y --agitar la solución. (11)

Cálculos para determinar el % de NaNO_2 en el baño:

$$\% = \frac{N \text{ KMnO}_4 \times \text{Vol. KMnO}_4 \times \text{eq. NaNO}_2 \times 100}{\text{Peso muestra.}}$$

$$\text{Equivalente NaNO}_2 = 34.5$$

$$\begin{aligned} \text{Peso de la muestra} &= \text{ml. de NaNO}_2 \text{ gastados por } 3 \\ &= \text{mg. de muestra.} \end{aligned}$$

Determinación de la alcalinidad.

A una cantidad medida de la solución de sal tomada -del matraz aforado se añade fenolftaleína y se valora con ácido clorhídrico 0.1N hasta la desaparición del color ro--jo. Del consumo del ácido 0.1N se calcula el correspon--diente a 300 mg. de sal. (pesada inicial).

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES.

Según lo estudiado en este trabajo, los factores que deben controlarse para obtener óptimos resultados en las piezas tratadas térmicamente, son los siguientes:

a) Composición química. Ya que los elementos que componen el material son los que determinan su comportamiento general, haciéndolo susceptible o no a ser tratado térmicamente y se fijan las propiedades que pueden obtenerse de él, así como los detalles del tratamiento.

b) Temperatura de calentamiento.

c) Tiempo de calentamiento.

d) Velocidad de enfriamiento. La forma en que se controla la velocidad de enfriamiento es por medio del uso de diversos medios que dan diferentes velocidades o características de enfriamiento. Entre los medios más usados en la práctica, se pueden mencionar: salmuera, agua, aceite, aire, y sales o metales fundidos.

e) También es indispensable controlar la composición de los diferentes baños de sales, ya que deben tener un porcentaje determinado de las sales para cumplir con sus funciones específicas.

f) Para comprobar que los resultados alcanzados en el tratamiento térmico de las piezas son favorables se les efectúa a las piezas el ensayo de dureza.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

1. Acoltzi-Castillo, Glez. Torres, Horacio Loyo Miranda, Pardo-Salas.
METALURGIA PROPEDEUTICA. 99-102
2. Apraiz Barreiro José.
ACEROS ESPECIALES. Ed. Dossat Plaza.
Madrid. 1971. 1-2
3. Apraiz Barreiro José.
TRATAMIENTOS TERMICOS DE LOS ACEROS.
Ed. Dossat Plaza. Madrid. 1971.
33-35, 107-117
4. Brock R.
CURSO DE TRATAMIENTOS TERMICOS.
Depto. de Ciencias Materiales. I.P.N.
México. 1969.
5. C. Chaussin G. Hilly
METALURGIA. Tomo I. Aleaciones Metálicas.
Ediciones URMO. Bilbao. 1971.
6. D.K., Steel and ITS Heat Treatments.
5ht. Ed. John Wiley and Sons. Inc.
New York. 1948.
7. Lasheras Esteban J.M.
Tecnología del Acero. Editorial Cede.
Zaragoza. 1969.
8. MANUAL DE BAÑOS DE SALES "DURFERRIT".
Frankfurt/M.
9. MANUAL DE LUBRICANTES PEMEX.
Características, Usos y Aplicaciones.
2a. Edición. México. 1971.
10. METALS HANDBOOK. VOL. 2
8th. Edición. American Society for Metals.
1964.
11. Orozco Fernando D.
ANALISIS QUIMICO CUANTITATIVO.
Ed. Porrúa. S. A. 6a. Edición. México.
1970.
12. Siguetomi Villegas Juan Manuel.
TESIS "PRINCIPIOS METALURGICOS DE LOS
ACEROS AL CARBONO". U.A.S.L.P.
1974. 22-24, 29-35

13. V. C. Mehlenbacher.
ANALISIS DE GRASAS Y ACEITES.
Ed. Urmo. Bilbao.
Enciclopedia de la Química Industrial.
Tomo 6. 1970.
14. Vogel Arthur I.
QUIMICA ANALITICA CUALITATIVA.
Ed. Kapelusz. 5a. Edición.
Buenos Aires. 1969.
15. Vogel Arthur I.
QUIMICA ANALITICA CUANTITATIVA.
Ed. Kapelusz. Buenos Aires. 1969.
16. Wanke-Schramm.
TEMPLE DE ACERO. (Manual para el trata-
miento térmico de las aleaciones de
hierro). Ed. Aguilar. Madrid. 1972.
161-163, 184-187, 373-384.
17. Yu M. Lajtin.
METALOGRAFIA Y TRATAMIENTO TERMICO DE
LOS METALES. Traducción del ruso.
Ed. Mir Moscú. 1973. 277-278.

