



**Universidad Nacional Autónoma de México**

**FACULTAD DE QUIMICA**

**PRINCIPIOS BASICOS DEL USO DE LAS  
SALES EN TRATAMIENTOS TERMICOS**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO QUIMICO METALURGICO**

**P R E S E N T A :**

**FELIPE BARRERA VALDIVIA**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

LA TESIS 1924  
ID M-55 53  
FECHA \_\_\_\_\_  
PROC \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



PRESIDENTE : Kurt Nadler G.

VOCAL : Ma. Eugenia Noguez A.

Jurado asignado originalmente  
según el tema

SECRETARIO : Francisco Herrera C.

1er. SUPLENTE : Humberto Malagón R.

2o. SUPLENTE : Enrique Curiel R.

Sitio donde se desarrolló el tema : Laboratorio de Metalurgia, Facultad  
de Química.

Nombre completo y firma del sustentante : Felipe Barrera Valdivia.

Nombre completo y firma del asesor del tema : Francisco Herrera Casta-  
ñeda.

A mis padres.

A mis hermanos.

# I N D I C E

	Página
INTRODUCCION	1
CAPITULO I: Generalidades sobre los baños de sales	3
CAPITULO II: Baños de cementación	6
2.1 Cementación	6
2.2 Generalidades sobre los baños de cementación	8
2.3 Aplicación de los baños	16
2.4 Baño para cementación NaCN + KCN	18
2.5 Baño para cementación NaCN + Carbón vegetal (10%)	19
2.6 Baño de cementación NaCN + Cloruros de Ba y K	21
2.7 Baño para cementar BaCl <sub>2</sub> , KCl, NaCl/NaCN + Carbón vegetal	23
2.8 Baño carburador de profundidad con cloruros de Ba, Na, K y Si con y sin NaCN	25
CAPITULO III: Baños de recocido	28
3.1 Generalidades	28
3.2 Baños de recocido con contenido de cianuro	29
3.3 Control del baño y reposición de sales	33
3.4 Precauciones especiales en la operación	34
3.5 Puesta en funcionamiento	38
3.6 Baños para recocido libres de cianuro	40
3.6.1 Sal de hidróxidos (KOH + NaOH)	40
3.7 Baño de sales para recocido a base de cloruros	44
3.8 Sal a base de carbonato de sodio y cloruro de potasio	48
3.9 Agregado de silicio metálico para baños de cloruros de Ba, Na y K	49
3.9.1 Comparación con baño de cloruros de Ba, K, Na/NaCN y baño de carbonato de sodio y cloruro de potasio/NaCN y propiedades	49

3.10	Campos de aplicación del baño de cloruros de Ba, Na, K + Silicio y del baño de cloruros de Ba, Na + Si metálico	52
3.11	Control del baño por su efecto descarbonador	54
3.12	Normas de seguridad y de trabajo	57

CAPITULO IV: Baños de sales para revenido y martempering 59

4.1	Revenido	59
4.2	Enfriamiento en baño de sales	60
4.3	Bonificado intermedio	60
4.4	Baños de sales para temperaturas entre 160 y 550 °C	61
4.5	Modo de empleo	61
4.6	Condiciones de seguridad	64
4.7	Baños de sales para martempering	65
	4.7.1 Martempering	65
	4.7.2 Composición y poder enfriante de las sales	66
4.8	Baño caliente para temple o martempering	70
4.9	El temple en baño de $\text{NaNO}_2$ y $\text{KNO}_3$	76

CAPITULO V: Baños de sales para tratamientos térmicos de aceros rápidos y aceros de herramientas 80

5.1	Tratamiento térmico de aceros rápidos	80
5.2	Baño de cloruro de bario con silicato de calcio	83
5.3	Baño de cloruro de bario con fluoruros	85
5.4	Medición de la temperatura y aspiración	87
5.5	Tiempo de inmersión	88
5.6	Temple	89
5.7	Revenido	91
5.8	Tratamiento térmico en baños de sales para aceros de herramientas	93

CAPITULO VI: Medidas de seguridad para desintoxicación de cianuros por el uso de sales 98

6.1	Desintoxicación de aguas residuales	98
6.2	Fundamentos químicos para la desintoxicación con hipoclorito de sodio	100
6.3	Planta de desintoxicación	100

	Página
6.4 Análisis de las aguas residuales y dosificación de los elementos desintoxicantes	104
6.5 Método para determinar con exactitud la presencia del ácido cianhídrico y cianuro en las aguas residuales	108
6.6 Normas de precaución	112
<b>APENDICE</b>	113
Método de bolita de plata	121
Recomendaciones	122
Composición aproximada de sales para tratamientos térmicos	124
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	125



## INTRODUCCION

Desde hace tiempo los tratamientos térmicos han sido de gran importancia dentro de la metalurgia para que los metales, aleaciones u otros materiales, adquieran ciertas propiedades físicas y químicas con las que a su vez han llegado a satisfacer las necesidades mecánicas de éstos.

Dentro de los tratamientos térmicos existen algunos muy importantes tales como: cementación, carbonitruración, nitruración, temple, revenido, recocido, normalizado, patentizado, austempering, martempering, etc., los cuales aplicados ya sea solos o combinados, satisfacen las necesidades antes mencionadas.

El objetivo de este estudio es <sup>describir</sup> describir en forma general el uso de baños de sales en dichos tratamientos, se tratarán diferentes aspectos tales como: comportamiento, control, composiciones, aplicaciones y medidas de seguridad, esto es también con el fin de difundir información básica sobre este tema de la que se carece sobre todo en nuestro idioma.

Este trabajo se ha enfocado al uso de sales en tratamientos térmicos para aceros, pues aunque existen otras aplicaciones en metalurgia ferrosa tales como: limpieza de escamas de óxidos, limpieza de pintura en metales; para remover arena, grafito y materia orgánica de las piezas fundidas, y; en metalurgia no ferrosa: limpieza de metales refractarios, precalentamiento, limpieza de superficies oxi-escamadas y superficies grafitizadas; que aunque son temas por demás interesantes se podrían

tomar como subsecuentes al uso de las sales en tratamientos térmicos.

Se espera que este trabajo sea el principio del desarrollo de temas tan importantes de la versátil aplicación de los baños de sales.

## CAPITULO I

## 1. GENERALIDADES SOBRE LOS BAÑOS DE SALES.

Clasificación de los baños de sales.

Existen diferentes formas posibles de clasificar a los baños salinos que a continuación se mencionan:

Clasificación comercial

Por composición química

Por puntos de fusión

Por temperaturas de trabajo

Por tipo de metal

Por su acción térmica y su acción química

Por tratamiento térmico

Clasificación comercial.

Generalmente en esta clasificación la nomenclatura es arbitraria dado que intervienen en esto último intereses netamente comerciales.

Por composición química.

Dada la variedad de sales utilizadas en las composiciones de estos baños, podrían clasificarse en sales cianuradas, sales a base de cloruros, sales de hidróxidos y sales de nitratos.

Por puntos de fusión.

Se puede clasificar de esta manera, pero complementando a la anterior, o sea:

<u>Sales</u>	<u>Puntos de Fusión</u>
De cianuros	De 560 a 600°C
De cloruros	De 430 a 960°C
De nitratos	De 140 a 220°C
De hidróxidos	De 230 a 250°C

Por temperaturas de trabajo.

Se puede clasificar también junto con la clasificación por tipo de metal, dada la relación tan estrecha entre estas dos podría surgir una clasificación combinada.

En cuanto a las clasificaciones por acciones térmica y química también existe una relación importante con el tratamiento térmico a utilizarse. Es por eso que en este trabajo se ha optado por usar esta última clasificación debido a que está estrechamente relacionada con las clasificaciones anteriores, siendo utilizada para los capítulos subsecuentes. La acción química así como la acción térmica serán mencionadas en el capítulo respectivo como ha sido notado en el temario.

La forma de estudiar los baños de sales será entonces por la aplicación o el uso requerido, por ejemplo: si el tratamiento térmico en que se van a usar los baños de sales es cementación, carbonitruración

o nitruración (acción química), el baño que deberá utilizarse será de alto contenido de carbono o nitrógeno respectivamente. Si el propósito es usar un baño de calentamiento (acción térmica) que no provea carbono pero que tampoco descarburice las piezas a tratar, entonces se utilizará un baño neutro; lo mismo que para los baños de enfriamiento, deberá usarse un baño dependiendo de la temperatura a que se vaya a enfriar, se usará un baño de cloruros o de nitratos siendo un factor de importancia la procedencia del baño anterior y si es un tratamiento isotérmico o no.

En los siguientes capítulos, como ya ha sido mencionado, se tratarán los baños de sales por su uso siendo el orden el siguiente:

Baños de Cementación

Baños de Recocido

Baños de Temple en Caliente

Baños para Tratamiento Térmico de Acero Rápido

Estos últimos incluyen precalentamiento, temple y enfriamiento isotérmico.

En cada caso se usarán gráficas representativas de cada uso. En el apéndice, así como recomendaciones generales para el uso de estos baños de sales.

## CAPITULO II

## 2. BAÑOS DE CEMENTACION

## 2.1 CEMENTACION

La cementación, que es el más antiguo de todos esos procedimientos de endurecimiento superficial, consiste en aumentar el contenido en carbono en la superficie, rodéandolos con un medio carburante, y manteniendo todo el conjunto durante un cierto tiempo a elevada temperatura. Luego se templan las piezas y quedan con gran dureza superficial.

Se emplean aceros aleados y sin aleación, de bajo contenido en carbono, generalmente de 0.08 a 0.25% de C y excepcionalmente algunas veces se cementan también aceros hasta de 0.40% de C. La operación se realiza generalmente a temperaturas comprendidas entre 850 y 1000°C, siendo las temperaturas próximas a 900°C las más utilizadas.

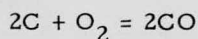
La cantidad y distribución del carbono absorbido por las piezas depende: 1a. de la composición del acero sometido a la cementación, 2a. de la naturaleza de la substancia cementante y, 3a. de la temperatura y duración de la cementación.

Se utilizan diferentes materiales para suministrar el carbono que ha de absorber el acero durante la cementación. Las más empleadas son el carbón vegetal, el negro animal, huesos calcinados, cuero, coque, etc.; mezclados con carbonatos de bario, calcio y sodio.

El carbón solo, no se emplea porque con él no se consiguen concentraciones de carbono en la periferia del acero, superiores a 0.65% de C, mezclándolo en cambio con carbonatos alcalinos o alcalino-térreos, se alcanza hasta 1.20% de carbono.

Durante muchos años, uno de los cementantes más utilizados fue la mezcla de 60% carbón vegetal y 40% de carbonato de bario, conocida como mezcla Caron. El carbón se tritura en trozos de 3 a 6 mm. de diámetro y luego se mezcla con el carbonato de bario en polvo. Se utilizan como activadores carbonato de calcio y carbonato de sodio. Es importante que el carbón esté bien seco, porque pequeñas trazas de humedad, pueden dar lugar a descarbonaciones locales y luego a puntos blandos en las piezas después del último temple.

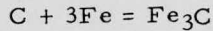
El proceso de la cementación por el carbón vegetal, coque, etc., se explica en la siguiente forma: el carbón a elevada temperatura, en contacto con el oxígeno del aire que hay siempre en el interior de las cajas, entre los huecos que deja la materia cementante, da monóxido de carbono (CO) según la siguiente reacción:



Luego el monóxido de carbono formado se descompone a elevada temperatura en carbono naciente y dióxido de carbono:

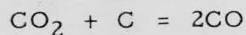


En todos los casos el carbono naciente que se forma es el que produce la cementación. Al estar en contacto con el hierro a alta temperatura se combinan:



Formándose carburo de hierro o cementita, y luego al difundirse el carbono hacia el interior de las piezas es cuando puede decirse que se produce verdaderamente la cementación.

Los carbonatos, y en especial el carbonato de bario, que se emplean mezclados con el carbón vegetal, aceleran la penetración del carbono naciente, que es el verdadero agente carburante, al facilitar la formación de monóxido de carbono de acuerdo con las siguientes reacciones:



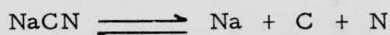
El CO producido se descompone en todos los casos, produciéndose carbono naciente  $2CO = C + CO_2$  y el BaO producido reacciona con el  $CO_2$  obteniéndose nuevamente  $BaCO_3$ .

## 2.2 GENERALIDADES SOBRE LOS BAÑOS DE CEMENTACION

Tratándose de medios de cementación líquidos, el carbono no se encuentra en estado libre, sino que se emplean compuestos donde se encuentra convenientemente combinado.



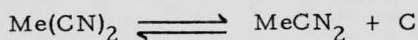
El único compuesto que cumple estos requisitos en la práctica es el cianuro alcalino, el cual se descompone según la reacción:



Los elementos de la descomposición pueden ser detectados al estado libre, pero normalmente se oxidan, tal que finalmente se obtiene carbonato de sodio, monóxido de carbono, dióxido de carbono y nitrógeno.

Muy posiblemente el resultado de la cementación sea el carbono liberado por la descomposición térmica del cianuro.

Si también participa en dicha cementación el monóxido de carbono producido en mayor o menor grado por la oxidación que provoca una cementación mucho más pronunciada:



"Me" es uno de los metales alcalino-térreos. Esta reacción avanza de tal manera que se produce carbono en forma más o menos enérgica, lo que se puede controlar con la concentración del compuesto alcalino-térreo y por lo tanto se puede conducir exactamente la cementación a un valor deseado, por ejemplo 1% en la zona marginal del acero de cementación y mantener este valor durante todo el proceso.

En este proceso la gran dureza superficial que adquiere el acero, puede considerarse debida exclusivamente a la acción del carbono. La influencia del pequeño porcentaje de nitrógeno existente en la capa ce-

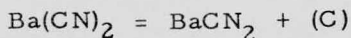
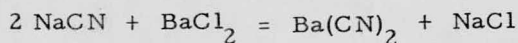
mentada es muy pequeña y puede ser casi despreciada.

Los baños de sales que se utilizan en este procedimiento se preparan generalmente a base de cianuro de sodio, con porcentajes variables de cloruro y carbonato sódicos a los que se añade uno o más cloruros o fluoruros de bario, potasio, calcio y estroncio, que actúan como agentes catalíticos, aumentando notablemente la penetración del carbono, y con ello la profundidad de la capa dura que puede variar desde 0.2 a 3 mm.

Las sales que se utilizan para las cementaciones de los aceros, se pueden clasificar en dos grupos de acuerdo con la penetración que con ellas se consigue. Unas con 17 a 23% de cianuro que se emplean a temperaturas variables de 850 a 900°C.

En los baños de cementar debe cubrirse siempre la superficie con escamas de grafito para evitar una pérdida grande de cianuro.

En los baños de sales activados con cloruro de bario la actividad carburadora es debida principalmente a las siguientes reacciones:



En las que (C) represente el carbono que pasa al acero.

La intensidad de esta reacción se acentúa con la temperatura y con ella aumenta la liberación de carbono activo y disminuye la formación de

nitrógeno, cuya influencia es perjudicial en ese tratamiento porque dificulta la penetración del carbono al acero. Como el porcentaje de cianato en el baño es un índice de la cantidad de nitrógeno que absorbe el acero, para asegurar una buena penetración de carbono, debe evitarse que pase de ciertos límites, debiendo mantenerse en los baños de penetración media, porcentajes de cianato inferiores a 1% y en los de gran penetración menores de 0.3%.

Las irregularidades que se pueden presentar en estos procesos deben atribuirse a alguna de las siguientes razones:

- 1a. Contenido insuficiente de cianuro para generar el carbono activo.
- 2a. Aumento exagerado del contenido de carbonato de sodio.
- 3a. Cantidad excesiva de cianato de sodio.
- 4a. Error en la temperatura de cementación.

Como con el uso disminuye el porcentaje de cianuro, se alteran también los porcentajes de otros elementos, es necesario añadir periódicamente ciertas sales para mantener una composición conveniente.

Según los casos se pueden usar:

- 1o. Una sola sal, que contiene todos los elementos necesarios para cementar el acero y que a medida que se va gastando el baño sirve tam-

bién para relleno, esta sal puede ser de la siguiente composición:

$$\text{NaCN} = 25\%$$

$$\text{Ca}(\text{CN})_2 = 0.5 - 5\%$$

$$\text{CaCl}_2 = 70\%$$

Debido a que esta sal es higroscópica, es necesario lavar muy bien las piezas para evitar su corrosión. No es necesario hacer un análisis del baño y, observando el aspecto de superficie se conoce su grado de actividad.

2o. Dos sales; una de las cuales es una sal neutra o una mezcla de sales neutras, y la otra una sal de cianuro con cloruros activadores:

$$\text{NaCN} = 30\%$$

$$\text{BaCl}_2 = 50\% \quad \text{Aproximadamente}$$

$$\text{NaCl} = 20\%$$

3o. También se usan 3 sales, una de bajo punto de fusión neutra, compuesta generalmente por cloruro o carbonato de sodio que sirve para iniciar la fusión de una pequeña parte del baño de sales, otra sal de cianurar con 80 a 90% de NaCN y 5 a 10% de carbonato de sodio, y la tercera, que es la sal catalizadora con 70 a 85% de  $\text{BaCl}_2$ , 5 a 10% de NaCN, 10% NaCl y 10% de carbonato de sodio, aproximadamente.

Los baños de cementación sirven para la carburación de aceros de cementación. En principio, pueden emplearse para la cementación de toda clase de aceros bonificables que tengan un contenido de carbono bastante bajo para que tengan aún capacidad de absorción de cierta cantidad de carbono.

Estos baños se pueden dividir en 3 grupos:

- 1) Baños de cementación sin activador.
- 2) Baños de cementación con activador cianuroso.
- 3) Baños de cementación con activador libre de cianuro.

- 1) Baños de cementación sin activador.

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 disminuya considerablemente. Esto se debe, en parte, a que el  $N_2$  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 ce-

mentadas muy delgadas a temperaturas por debajo del punto eutectoide, o sea, entre 650 y 750°C. Las capas así obtenidas son muy duras, y debido a la baja temperatura, las deformaciones inherentes a esta 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 solución de nitratos, porque entre el cianuro contenido en el baño cementante y el nitrato se producirían violentas reacciones.

## 2) Baños de cementación con activador cianuroso.

Los baños con activador (combinaciones de sales de alcalino-térreos) carburan en forma mucho más efectiva, de modo que las zonas endurecidas con ellos mantienen, aún después del rectificado, una dureza bastante alta y resisten grandes cargas sin deformarse la película cementada.

Estos baños son además, menos sensibles a ciertas irregularidades en el acero, que pudieran neutralizar casi totalmente el efecto cementante de los baños sin activador. 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 preferente - mente 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.

Entre los baños para cementación con activador se regeneran con dos sales, de las cuales una, NaCN, suministra el carbono y nitrógeno necesarios para la cementación mientras que la otra que es una combinación de cloruros contiene el activador. Para poder mantener el efecto cementante en estos baños tendrá que ser necesario regenerar el activador con una cantidad suficiente y en determinada proporción al NaCN.

Una desventaja inevitable de todos los baños para cementación que contienen un activador, es su particularidad de no disolverse totalmente en agua. Por lo tanto al templar aceros cementados en sales de combinación de cloruros de alcalino-térreos y cianuros, en aceite tendrá que desprenderse la sal adherida por medio de cocción. En el baño caliente o en solución de nitratos; al igual que en agua o en agua salada, la sal adherida se desprende sola, casi totalmente.

### 3) Baños de cementación con activador libre de cianuro.

Estos baños también conocidos como baños carburadores de profundidad, se usan para cementar piezas en las que se desea una profundidad de 0.8 mm. y como mínimo a 0.6 mm. y para las cuales existen exigencias muy altas con referencia al mantenimiento de un determinado contenido marginal de carbono y una determinada profundidad de cementación.

Estos baños son a base de cloruros de Sr, Ba, Na y K de los cuales el estroncio se manifiesta en grandes profundidades por su extraordinaria estabilidad del factor C y por su bajo consumo de sales.

En cambio, en profundidades de cementación menores de 0.6 mm., el contenido de estroncio no muestra ninguna ventaja.

Para efectuar la cementación en estos baños se recomienda el rango de temperaturas de 900 hasta 930°C. Cuando existen altas exigencias relacionadas con el mantenimiento de las medidas de las piezas, se puede cementar a temperaturas más bajas, pero durante más tiempo, pero las influencias del recocido antes de la cementación y del medio de enfriamiento en cuanto a las deformaciones son considerablemente mayores a la temperatura de cementación, por lo que no es recomendable.

### 2.3 APLICACION DE LOS BAÑOS

Lo antedicho da una idea sobre los campos de aplicación de los distintos baños de cementación los cuales se señalarán al final de cada aplicación:

1) Para obtener zonas marginales muy delgadas y muy duras de un espesor menor de 0.1 mm. se procede por cementación y nitruración a temperaturas por debajo del punto eutectoide (carbonitruración, una práctica desgraciadamente muy poco aplicada), por enfriamiento brusco en agua, en salmuera o aceite, pero no en baño caliente ni en solución de nitratos:

NaCN/KCN.

2) Para la cementación a profundidades de más o menos 0.2 mm. en piezas muy pequeñas o de paredes delgadas de material de fácil cementación y que no se rectifican, se trabaja con temperaturas de cementación



entre 750 y 850°C, pero no para temple de baño caliente ni solución de nitratos: NaCN/KCN.

3) Igual a (2), pero profundidades de cementación hasta 0.5 mm. también para aceros de difícil carburación, a temperaturas de cementación hasta 930°C: KCN.

4) Para profundidades de cementación hasta 0.5 mm., también para aceros de difícil carburación a temperaturas de cementación hasta de 930°C y en piezas que se ha previsto sólo un pequeño rectificado, para temple en agua, en salmuera, solución de nitratos y baño caliente, pero no en aceite: Baño de sales de cloruros de Ba, K, Na + NaCN.

5) Igual a (4), si se desea regenerar con una sola clase de sal, y sólo para temple en aceite, agua o salmuera, pero no en baño caliente o solución de nitratos: NaCN + Carbón Vegetal (10%).

6) Para profundidades de cementación hasta de unos 0.8 mm., con una rectificación, por medio de esmeril, máxima 30-40%, se trabaja con el sistema de 2 sales para la regulación de la generación y con bajo contenido de cianuro, para temple en baños calientes: Cloruros de Sr, Ba, K, Na + NaCN.

7) Para profundidades de cementación hasta de 1.6 mm., se procede, en piezas de acero de difícil cementación y con un exceso de esmerilado de aproximadamente 40% de la profundidad de cementación total, especialmente para la fabricación en serie y para temple en agua salada, en lo

posible no en aceite, ni en baño caliente ni en solución de nitratos: Clo-  
ruros de Ba y K + NaCN.

8) Para exigencias máximas en cuanto al mantenimiento exacto del contenido más favorable de carbono en la zona marginal, también para aceros de difícil cementación, para profundidades de cementación de 1.8 mm. (en casos particulares también mayores), para un exceso de rectificado hasta aproximadamente el 50% de la profundidad de cementación total, templado inmediatamente en baño caliente, en solución de nitratos; en agua o salmuera (es menos recomendable en aceite): Baño de cloruros de K y Ba + (NaCN + carbón vegetal (10%)).

#### 2.4 BAÑO PARA CEMENTACION NaCN + KCN

Este baño es especialmente apropiado para piezas: de chapas delgadas, de máquinas de escribir, cajas registradoras, interruptores y similares y como también para la carbonitruración. Esta sal blanca se prepara fundiéndola en un crisol de acero.

La temperatura más conveniente del baño es de 600 hasta 800°C, con una profundidad de cementación máxima de 0.3 mm.

El contenido de esta sal se determina de la mejor manera, por medio de titulación y no debe bajar del 40% al 50%.

Al contrario de los demás baños cementadores, esta sal no se recubre con grafito. De esta manera se tiene la posibilidad de colgar las pie-

zas dentro del baño, sólo hasta un límite determinado exacto, dejando blanda la parte que sobresale del baño, lo que permite efectuar el temple sólo de la parte cementada.

Este baño puede aplicarse sólo a aquellas piezas que se deban templear en aceite, petróleo, agua o salmuera. Por su alto contenido de cianuro no debe ser empleado para temple en baño caliente ni en solución de nitratos.

## 2.5 BAÑO PARA CEMENTACION $\text{NaCN}$ + Carbón Vegetal (10%).

Este baño tiene un efecto más débil que los baños activados por lo tanto, las piezas tratadas en él no pueden rectificarse o pueden rectificarse muy poco, porque, de otro modo disminuiría mucho la dureza en su superficie. Debemos señalar que el efecto cementante de este baño puede ser muy diferente en los distintos aceros. Especialmente en los aceros mal desoxidados, no pueden en su fabricación cementarse en este baño, debiéndose cementar en baños activados preferentemente. También la condición de la superficie de la pieza tiene una influencia decisiva en este baño por ejemplo, las piezas de superficie pulida se cementan más débilmente que aquéllas con una superficie más áspera. Los baños activados son poco sensibles a estas influencias. El contenido de carbono original que puede obtenerse con este baño en la capa de cementación se mantiene por lo general considerablemente por debajo del 1% y varía mucho en función de la composición y del tipo de fabricación del acero. Por estas razones se usa este baño únicamente para piezas de

acero de fácil cementación, en las cuales sólo se desean obtener profundidades de cementación pequeñas y que, por la resistencia de su núcleo, se tratan a temperaturas mayores de 850°C y que no se rectifican. Las piezas de chapa que pueden cementarse a 800 hasta 850°C y que sólo deben tener una profundidad de cementación de pocas décimas de milímetro se tratan con el baño NaCN/KCN. Pero si son de chapa de difícil cementación, lo que es muy frecuente, entonces se cementan preferentemente con baño de cloruros de Ba, K, Na + NaCN.

El baño NaCN + Carbón vegetal se prepara, al llenar por primera vez el crisol, con cuatro partes, en peso, de NaCN + carbón vegetal (10%) y una parte de cloruros de Na y K. Durante el servicio se agrega sólo NaCN + Carbón, de acuerdo con las pérdidas por la adhesión de las piezas. Al igual que con todos los demás baños, después de sacadas todas las demás piezas del tratamiento, el crisol no debe contener más que las 3/4 partes. Periódicamente debe comprobarse el contenido de NaCN + Carbón por titulación. Debe ser de 50 hasta 70%.

El baño forma, por sí mismo, como todos los demás baños, a excepción del baño KCN/NaCN, una película o capa de carbono, por segregación, que según necesidad, deberá ser reemplazada por el grafito en escamas. Una cubierta demasiado gruesa de carbono que moleste en el trabajo, puede ser extraída parcialmente, conservada en recipientes secos bien tapados, pudiendo ser utilizada más adelante, agregándola al baño nuevamente.

## 2.6 BAÑO DE CEMENTACION NaCN + Cloruros de Ba y K

Este baño se distingue de los anteriores por su contenido de sustancias activadoras ( $\text{BaCl}_2$ ). Por lo tanto carbura con mucho más fuerza.

Con este baño se puede cementar lo más sencillo posible, compuesto de una sola clase de sal. Sin embargo, donde existen exigencias altas en cuanto al mantenimiento del contenido de carbono en la zona marginal, deberá usarse otro tipo de baño que contenga cloruro de estroncio ya que éste le da mayor estabilidad al factor C.

Las piezas cementadas con el baño  $\text{NaCN} + \text{BaCl}_2$  y  $\text{KCl}$  si pueden ser rectificadas.

Este baño forma de por sí una cubierta de carbono en el crisol, si ésta fuera demasiado espesa se le saca, se conserva en un recipiente de chapa de hierro cerrado y se agrega según necesidad nuevamente al baño. Si después de un uso prolongado del baño queda muy delgada, de modo que aparece a la vista el baño fundido, entonces deberá cubrirse el baño con grafito en escamas. Durante el trabajo normal se agrega al baño la sal sencillamente. No se necesita una cierta proporción mínima como en el baño que contiene cloruro de estroncio, pero deberá agregarse lo suficiente para que el contenido de NaCN no baje del 18-20%. Un agregado mayor sería innecesario, un agregado menor da una cementación más débil y sólo serviría para una pequeña profundidad de cementación.

El contenido de cianuro se determina por titulación y se calcula en porcentajes de NaCN + Carbón vegetal.

En los demás, la temperatura de cementación, la limpieza posterior, el temple, etc., son idénticos al baño más activado (con cloruro de estroncio).

Por su mejor solubilidad en agua, la limpieza es más fácil en el baño NaCN + Cloruros de Ba y K.

Por su alto contenido de cianuro no debe templarse desde el baño, en baño caliente o baño termal de nitratos. Para hacerlo deberá intercarse un baño intermedio, preferentemente el baño de  $BaCl_2$ , KCl, NaCl + 5% de NaCN + Carbón vegetal.

La sal NaCN + Cloruros de Ba y K se funde en un crisol de acero.

Para la preparación de un baño es conveniente no usar puro NaCN + Carbón + Cloruros de K y Ba, sino 2 partes de  $BaCl_2$ , KCl, NaCl y una parte de NaCN + Cloruros de K y Ba. En cuanto al baño ha llegado a la temperatura de cementación, puede iniciarse la cementación. La sal de NaCN + Cloruros debe conservarse protegida contra el aire.

La temperatura de cementación es, por lo general, de 900 a 930°C pero según el caso (piezas delgadas) puede ser menor.

El contenido de carbono de NaCN + Carbón vegetal trae consigo normalmente, sin afectar la cementación, en mejor forma que el grafito es-

polvoreado o similar, una reducción considerable de la oxidación del cianuro. Sin embargo en casos especiales muy desfavorables, como por ejemplo: con temperaturas de cementación menores de  $900^{\circ}\text{C}$ , con poco movimiento del baño y con piezas muy limpias, este agregado de carbono puede incluso estorbar la descomposición del cianuro necesaria para la carburación y hasta puede producir capas de carbono en las piezas tratadas. Renunciando al agregado de Carbón vegetal, puede usarse en tales casos el baño de NaCN en lugar del baño de NaCN + 10% de Carbón vegetal.

Debido al alto contenido del cianuro de este baño, después de cementar en él, debe templarse únicamente en aceite, en agua o salmuera, pero jamás en baño caliente ni en solución de nitratos.

## 2.7 BAÑO PARA CEMENTAR

Cloruros  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{NaCl}/\text{NaCN}$  + Carbón vegetal.

Este baño se ha usado hasta ahora sólo como baño de calentamiento en aceros de herramientas y para la recarburación de aceros bonificables. Sin embargo, bajo ciertas condiciones puede ser empleado también para la obtención de pequeñas profundidades de cementación.

En este baño la mezcla de cloruros actúa como activador, por lo tanto teniendo un porcentaje suficiente, carbura más fuerte que los baños de NaCN, KCN y NaCN + Carbón vegetal, pero es de menos viscosidad que el baño de NaCN + Cloruros de K y Ba y cementa menos que éste.

Este baño para cementar se usa, por esta razón, para piezas delgadas y pequeñas profundidades de cementación hasta un máximo de 0.5 mm.

Para su uso se funde el baño en partes iguales de sal normalizadora (mezcla de Na Cl y K Cl), de sal normalizadora (NaCl, KCl, BaCl<sub>2</sub> y de NaCN + Carbón vegetal (10%). La proporción del agregado de esta última sal depende de la clase de piezas y del método de temple que se aplique después de la cementación. Para templar en baño caliente o en solución de nitratos, y para obtener la menor deformación posible, el contenido de NaCN + Carbón no debe exceder al 10% y, por razones de seguridad debe ser controlado periódicamente. Se agrega entonces la sal en proporción de 2:1 para que se mantenga el contenido indicado de NaCN en el baño. La adición de una cantidad mayor no es perjudicial en estas condiciones, mientras que la adición de una cantidad menor tiene como consecuencia un efecto cementante débil.

Si, en cambio, se desea templar en agua o salmuera, entonces podrá aumentarse el contenido de NaCN + Carbón, por ejemplo: hasta 20-30%. En este caso debe tenerse cuidado que se agregue, al menos, tantos cloruros como NaCN. Un contenido de más del 10% de NaCN es sólo conveniente en aquellos casos en que, por cualquier razón, se desea un baño de baja viscosidad, y especialmente si se quiere templar en aceite. Sin embargo, esto es recomendable únicamente donde no se dispone de un baño caliente de nitratos, porque el baño de cloruros + NaCN como todos los baños activadores, no es muy soluble en agua, y porque las pie-



zas, después de su enfriamiento en aceite, tendrán que ser librados del aceite adherido por cocción en agua.

Este baño sólo se usa para cementación hasta 0.3 mm. la temperatura de cementación del baño puede ser desde 830 hasta 930°C. A temperaturas mayores de 850°C, el baño deberá recubrirse siempre con una delgada capa de grafito en escamas. Sin embargo, las temperaturas menores de 900°C pueden recomendarse sólo en casos especiales.

Para controlar el contenido del activador y el contenido de carbono marginal, que depende del primero, se aplicará el método de las láminas de acero (folias) con porcentaje de carbono conocido.

El método de las láminas indica con exactitud la cantidad realmente indispensable de cloruros que deberá agregarse. (Ver control del baño por su efecto descarburador en el Capítulo III).

## 2.8 BAÑO CARBURADOR DE PROFUNDIDAD CON CLORUROS DE Ba, Na, K, Sr CON Y SIN NaCN.

Las sales de este baño deben fundirse en el crisol o en la tina. Este baño fundido forma de por sí una película de carbono que disminuye la oxidación del baño y las pérdidas de calor. Si esta película es demasiado gruesa, se extrae y se procede como en el baño NaCN + BaCl<sub>2</sub> y KCl.

El baño deberá recubrirse siempre con un poco de grafito en escamas en las partes no cubiertas. Al parar el horno, el crisol sin piezas

debe contener sólo hasta  $3/4$  partes de sal.

El contenido de NaCN + Carbón vegetal debe variar entre el 7 y el 15%. El baño debe ser controlado por titulación cada 8 horas de trabajo. Donde sea necesario el mantenimiento exacto del contenido de carbono marginal, el contenido del NaCN deberá mantenerse dentro de los límites más estrictos.

Con exigencias muy altas con referencia al contenido de C o del grado de cementación respectivo, deberá agregarse de 2 a 3 veces la cantidad de cloruros; esto implica una reserva que es recomendable para la seguridad del funcionamiento del baño.

Después de la cementación se someten las piezas, por lo general, a un tratamiento término especial.

Aquellas piezas, en que la estructura de la zona marginal no tiene ninguna importancia, pueden ser enfriadas directamente los aceros aleados en aceite o mejor en baño caliente, los aceros no aleados en agua salada. Ultimamente se ha introducido la costumbre del temple en baño caliente inmediatamente después de la cementación en el baño de cloruros de Ba, Sr, Na, K + NaCN incluso de aceros no aleados. El mantenimiento de las medidas obtenidas de este modo, es mejor que otros métodos de tratamiento térmico.

Si las piezas cementadas deben ser sometidas posteriormente a un tratamiento térmico, deberán ser enfriadas también primeramente en

un baño caliente. Esto también se recomienda para aceros no aleados. Para aceros de cementación de baja aleación, el enfriamiento inmediato después de la carburación en el baño caliente es indispensable, porque al enfriarse al aire pueden presentarse fácilmente grietas en la capa de cementación. Si no se dispone de un baño caliente, se emplea convenientemente aceite mineral caliente. El enfriamiento al aire debe evitarse lo más posible, especialmente en aquellos casos en que las piezas se enfrían al aire apiladas en mayores cantidades, una encima de la otra, pues en estos casos se producen superficies ásperas por corrosión. Aquellas piezas que deben ser trabajadas después de la cementación, o sea, que deben quedar blandas, se enfrían después de la cementación en el baño caliente o en aceite, se limpian cuidadosamente con agua las sales adheridas a las piezas, y se recocen éstas en sales de cloruros de Ca, Na, Ba, a 600°C y hasta 680°C. Este tratamiento da una mejor estructura que el enfriado al aire.

El enfriamiento en baño caliente en vez del temple al aceite tiene la ventaja adicional de que las sales adheridas se despegan incluso de pequeñas perforaciones, mientras que en el caso de enfriamiento en aceite o al aire debe recurrirse a una cocción intensiva en agua caliente, para desprender la sal adherida.

## CAPITULO III

## 3. BAÑOS DE RECOCIDO

## 3.1 GENERALIDADES

En el ramo de los baños de recocido se ha reducido, en los últimos años, debido a mayores exigencias, una creciente especialización que ha tenido como consecuencia que, para el mismo espacio de temperaturas, deba disponerse de distintos baños, cuya aplicación exige el conocimiento exacto de sus características y de sus efectos sobre el acero tratado con ellos.

Especialmente a los baños de cloruros de K, Na, Ba con NaCN se ha agregado sal libre de cianuros como son:  $BaCl_2$ , NaCl, Silicio metálico, especialmente para tratamiento térmico de 600 hasta 1100°C. También se usa para el tratamiento térmico de aceros ya cementados que en ciertas partes fueron liberados de la capa de cementación, para evitar durante el tratamiento térmico la cementación en aquellos puntos que se desean mantener blandos.

A estos baños, se agregan ahora aquellos baños que sirven para el tratamiento térmico de aceros rápidos a temperaturas de temple entre 1100 y 1300°C. Por las mismas razones mencionadas antes se llegó también a una especialización con el resultado de que, para el tratamiento térmico de aceros rápidos a temperaturas de temple, existen 3 distintos tipos de sales, de las cuales, cada una tiene sus ventajas individuales

para diferentes resultados.

### 3.2 BAÑOS DE RECOCIDO CON CONTENIDO DE CIANURO

Estos baños, cumplen, aparte de algunas excepciones con todas las exigencias que se puedan pedir a los 3 baños de recocido para un determinado nivel de temperatura, su contenido de cianuro protege contra la descarburación y la oxidación. La actividad de los baños debe controlarse en dado caso, por el método de las láminas. Ante todo, los baños cianurantes tienen la ventaja de no atacar los crisoles o cubas de los hornos en que trabajan, tal como sucede en escala mayor o menor con los baños libres de cianuro. La posibilidad o necesidad de cubrir estos baños con grafito en escamas disminuye considerablemente la pérdida de calor desde la superficie del baño.

A temperaturas mayores de  $950^{\circ}\text{C}$  no se deben usar los baños de recocido, para evitar el ataque de aceros de alta aleación, sobre todo en aceros al cromo, y evitándose la cementación en aquellas zonas o partes que no deben ser cementadas, como por ejemplo en aceros de cementación, cuya capa de cementación haya sido rebajada parcialmente al torno. Para estos casos se usa junto con los cloruros de Ba y Na un porcentaje de Silicio metálico.

Para el tratamiento térmico de aceros de herramientas y de aceros de cementación ya cementados, sin descarburación ni oxidación hasta una temperatura de temple de  $950^{\circ}\text{C}$  se dispone de dos baños de sales que son:

- 1)  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{NaCl}$  + ( $\text{NaCN}$  + Carbón vegetal)
- 2)  $\text{KCl}$ ,  $\text{NaCl}$  + ( $\text{NaCN}$  + Carbón vegetal)

Estos dos baños se distinguen por su diferente valor de carbono.

Un baño con cianuro es considerado con exactitud neutral sólo para un acero de bajo contenido de carbono, mientras que descarbura un acero de mayor contenido de carbono. La neutralidad del baño con respecto al contenido de cianuro en el baño y de su contenido en activadores, en vista de que uno de los dos baños (el primero) contiene  $\text{BaCl}_2$  como activador el contenido es mayor en C, y por eso en este baño pueden calentarse incluso herramientas de dientes finísimos, como por ejemplo: limas de un acero de herramienta de un contenido máximo de carbono sin descarburación, mientras que con el otro baño se produciría una descarburación por la falta del activador  $\text{BaCl}_2$ .

Por lo tanto, este último baño, se usa generalmente para piezas lisas poco sensibles a la descarburación, mientras que el baño que contiene  $\text{BaCl}_2$  se empleará en todos aquellos casos, donde se trata de evitar todo vestigio de descarburación. Es por esto que este baño se puede usar también como baño de cementación.

Otra diferencia entre los dos baños consiste en la solubilidad en agua. El baño que no contiene activador se disuelve y no deja residuos. Las herramientas calentadas en él para el temple y enfriadas en aceite mineral, puede por lo tanto, librarse de todos los restos de sales adheridas por

lavado en agua caliente.

En cambio el baño con activador no es soluble en agua. Por lo tanto es menos recomendable para aquellas herramientas que se enfrían en aceite. Por el contenido de activador en este baño basta un contenido de NaCN + Carbón vegetal de un 3% hasta el 6%, para evitar la descarburación incluso de herramientas de dientes finos de aceros de alto carbono. En cambio en el baño que no contiene activador, se necesita del 20% hasta el 30% de NaCN + Carbón vegetal, para evitar una fuerte descarburation.

Por esta razón, el baño activado puede utilizarse también para temple sucesivo en baño caliente o en solución de nitrato de potasio y nitrito de sodio. Por otra parte, en agua o salmuera se despegan las piezas de las sales de las piezas en tratamiento.

En la siguiente tabla se resumen las características típicas de los distintos baños:

Baño de Sal	Peso Específico	Contenido de NaCN	Solubilidad en agua	Temperatura de trabajo mínima máxima		Para temple en baño caliente	Campos de aplicación especiales
BaCl <sub>2</sub> , KCl, NaCl/ NaCN	2.4	3-6%	Parcial	600 650	950	Apropiado sin restricciones	Temple en agua, temple en baño caliente, temple de herramientas de dientes finos, por ejemplo limas.
KCl, NaCl/ NaCN	2.0	10-40%	Fácil	600 650	950	Apropiado sólo con máximo 10% de NaCN	Temple en aceite, temple en agua.



### 3.3 CONTROL DEL BAÑO Y REPOSICION DE LAS SALES

La composición de estos dos baños de dos sales cada uno tiene su razón especial. El NaCN se descompone con diferente rapidez según la temperatura y el recubrimiento del baño, totalmente aparte de eso, las piezas que se tratan en él extraen continuamente más o menos sal del baño. Gracias al sistema de dos sales o sistema bisálico se necesita únicamente agregar la cantidad suficiente de NaCN, según lo indique la titulación. El resto, o sea la cantidad mucho mayor de sal son cloruros de Ba, K, Na.

No es suficiente agregar nada más NaCN para rellenar el baño, que aunque el NaCN sirve para evitar descarburación elevaría el punto de fusión del baño hasta 800°C y habría posibilidades de una descarburación. Por esto también es necesario controlar el contenido de cloruros. Esta cantidad no deberá ser menor que la cantidad agregada de NaCN.

Si el crisol se llena demasiado, entonces habrá que sacar cierta cantidad, para echarlo después de haberlo desintoxicado.

En el baño de cloruros + NaCN con activador, el contenido de NaCN no debe ser menor de 3% y no mayor de 5%. Es posible que un contenido menor de cianuro no sea capaz de evitar la descarburación. Contenidos mayores de cianuro son sencillamente inprovechables.

En el baño de cloruros + NaCN sin activador, el contenido de NaCN

debe ser del 10% al 40%. Los contenidos de NaCN menores causan una descarburación y eventualmente hasta ataques a las paredes del crisol, depósitos de fango y formación de espuma.

Por lo tanto, es recomendable controlar diariamente en los baños su contenido de NaCN.

En los contados casos en que el contenido de carbono del NaCN molesta, por ejemplo: por depósitos de carbono en las piezas tratadas, podrá emplearse NaCN exento de carbón vegetal, sólo que en estos casos deberá contarse con una mayor oxidación del cianuro.

Ambos baños pueden usarse sólo hasta temperaturas de 950°C, la temperatura de trabajo de ambos baños es de 600-650°C, pero deberá cuidarse que con las temperaturas más bajas no se introduzcan demasiadas piezas en el baño; para que éste no se enfríe. El punto de fusión y con él la temperatura de trabajo mínima sube, en caso de que no se haya agregado la cantidad necesaria de sal de recocido en relación al NaCN + Carbón vegetal.

Si un baño se ha vuelto demasiado espeso, debe sacarse una parte de la sal y reemplazarla por sal de recocido nueva. Naturalmente, al mismo tiempo debe regularse el contenido de NaCN + Carbón vegetal.

### 3.4 PRECAUCIONES ESPECIALES EN LA OPERACION

Ambos baños protegen con toda seguridad, contra toda clase de

formación de oxidación y, con el tiempo normal de calentamiento, también contra descarburación. Los baños también protegen la cara interior del crisol contra erosiones y oxidación, siempre que el contenido de NaCN + carbón sea mantenido dentro de los límites prescritos. Debido a la nitruración que se presenta simultáneamente, los aceros de herramientas y los aceros bonificables toman una superficie o película delgada, muy dura y resistente contra el desgaste, especialmente las ruedas dentadas de aceros bonificables quedan después del temple con una resistencia muy alta contra el desgaste.

Aquellos aceros que deban enfriarse, después de ser calentados a la temperatura de temple, al aire, pueden calentarse indistintamente en cualquiera de estos baños. Sin embargo, al enfriarse al aire, la delgada capa de sales no puede evitar totalmente la oxidación, porque su NaCN + carbón se oxida rápidamente. Por esta razón deberá reemplazarse el enfriamiento, en lo posible, por el temple en baño caliente. Si no hay posibilidad de evitarlo, entonces deberá tenerse cuidado que las distintas piezas sean colgadas separadamente. El enfriamiento de las piezas juntas produce por la causa arriba indicada, oxidación y erosiones.

Si las piezas tratadas en estos baños deben ser recocidas después en un horno de cámara, entonces tendrá que removerse cuidadosamente todo vestigio de sal por cocción en agua sin sal (soda) y aclararse con abundante agua fresca, porque de otro modo, se presentarían erosiones en la pieza durante el recocido.

La cantidad de la sal adherida a las piezas y, por lo tanto consumida y perdida, depende en primer lugar de la superficie de las piezas y, además, de si las piezas son ásperas o lisas. Dejando destilar las piezas colgadas encima del crisol, antes del enfriamiento, puede reducirse el consumo de sales. Por lo general debe contarse con un consumo equivalente al 0.5 hasta 2.5% del peso de las piezas tratadas.

Anteriormente ya se hizo hincapié sobre la necesidad de mantener el contenido de NaCN + carbón sobre los límites prescritos. La descarbonización, la formación de lodo, el desprendimiento de vapores de los baños, la reducida duración de los crisoles y otros fenómenos se deben por lo general, al descuido de este mantenimiento.

En los baños no debe introducirse ninguna clase de materiales cerámicos como son: arena, arcilla, asbesto, cemento ni ninguna otra clase de masas aislantes, tales como los que se emplean para mantener ciertos lugares blandos al cementar en polvos. Incluso las pequeñas dosis de estos materiales descomponen los baños y pueden causar su inutilidad completa. Por lo tanto, los baños no deben taparse con tapas de arcilla ni deben sellarse los crisoles contra la placa del horno con asbesto o arcilla.

Además, nunca se deben tapar las perforaciones de las piezas con arcilla y tampoco debe emplearse grafito corriente que la contenga para recubrimiento del baño, sino que deberá usarse grafito puro en esca-

mas. Pueden presentarse también defectos similares si en las piezas queda polvo de esmeril adherido. Con las miles de piezas que se introducen sucesivamente en los baños, incluso las impurezas más insignificantes pueden causar la descomposición del baño. Sin embargo, las molestias causadas por estas razones son muy raras, y casi siempre se pueden evitar con el desengrasado de las piezas, pues el polvo del esmeril queda generalmente a la grasa que se encuentra en las piezas. Se puede hacer notar que los aceites y las grasas, pero según las circunstancias, pueden causar manchas negras. También pueden molestar las virutas procedentes del trabajo de las piezas, por acumulación excesiva durante los baños, son causa de la formación de fango y originan de esta manera congestiones térmicas en el fondo del baño. También en este caso ayuda el desengrasado preliminar de las piezas o su limpieza, o también la limpieza periódica del lodo. Por otro lado, debe evitarse introducir piezas muy oxidadas, sucias o llenas de escamas de oxidación en el baño. Estas piezas deben estar libres de latón, cobre, plomo, zinc, cadmio y similares, pues estos causan desprendimientos de humos e incluso pueden depositarse en forma incontrolable en las piezas. Los crisoles en los cuales se haya efectuado alguna soldadura no deberán suarse para el tratamiento térmico.

Por ejemplo en el baño de sales de cloruros de Ba, K, Na + (NaCN + carbón) que se emplea para temple de limas, el coeficiente de C disminuiría y las limas serían descarburadas, si los crisoles o los baños están contagiados con plomo y debido a esto no podrán emplearse para este

tipo de temple.

Ambos baños deben usarse en crisoles de hierro dulce con calefacción regular. Los crisoles de acero de alto contenido de cromo y resistentes a la formación de escamas de oxidación son atacados a temperaturas mayores de  $800^{\circ}\text{C}$  por todos los baños cianurantes, si el material del crisol no contiene adicionalmente un porcentaje alto de níquel. Se forman capas porosas en la cara interior del crisol, que causan una descomposición rápida del baño y la continua formación de espuma y vapores por esta causa no podrá aprovecharse la alta resistencia de las paredes exteriores de tales crisoles.

### 3.5 PUESTA EN FUNCIONAMIENTO

Para poner en funcionamiento el baño se funde primeramente la sal de recocido respectiva, en el crisol. Es decir en el baño de  $\text{KCl}$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{BaCl}_2 + \text{NaCN}$  se ponen los cloruros, lo mismo que en el baño  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl} + \text{NaCN}$ . En cuanto la sal esté totalmente fundida, ni antes ni después, se agrega la cantidad necesaria de  $\text{NaCN} + \text{Carbón vegetal}$ . Sólo entonces se sigue calentando hasta la temperatura de trabajo y se recubre el baño inmediatamente con grafito, en cuanto aparezcan puntos blancos en la superficie. La capa de grafito evita la evaporación del baño. Aquellos baños que se usan a temperaturas menores de  $850^{\circ}\text{C}$  no hay necesidad de cubrirlos.

Los baños que se usan para el temple de limas se recubren conve -

nientemente con carbón activado, porque el grafito se adhiere fácilmente a las limas y molesta especialmente a las limas pequeñas. O se coloca en la superficie del baño un marco de planchas de hierro, cuya superficie interior sirve de espacio de trabajo y que queda libre de grafito o que será cubierta con carbón vegetal en las partes exteriores se recubre con grafito.

Al terminar el trabajo no debe sacarse el baño del crisol. Si se quieren usar distintos baños en el mismo, entonces se debe adquirir un crisol especial para cada baño. El vaciado del baño aparte de ser un trabajo molesto y desagradable, causa la oxidación del NaCN y muchas veces también ensucia el baño.

Después del calentamiento total de las piezas, se enfrían bruscamente en agua, salmuera, aceite o en baño de solución de nitratos.

El baño de NaCl, KCl + NaCN es también apropiado para el recocido de metales no ferrosos.

La alpaca por ejemplo puede recocerse blanda a 800-900°C en pocos minutos y; gracias a su calentamiento total y la corta duración del recocido, en baño de sal, toma un grano fino que permite un pulimento muy bueno. Los metales recocidos en este baño, se enfrían después del recocido en agua.

Una variación en los baños antes descritos para temperaturas de recocido especialmente bajas es el baño de NaCl, KCl/KCN que se emplea

entre otros para el recocido isotérmico de aceros de cementación de tipo perlítico de 580 hasta 700°C. El contenido de KCN se determina como el de NaCN y debe variar alrededor de 10%. El baño se prepara con 90 partes en peso de NaCl y KCl y 10 partes en peso de KCN + Carbón vegetal. Para mantener el punto de fusión bajo habrá que agregar más o menos la misma cantidad de cloruros que de KCN.

La temperatura se puede medir por medio de termoelementos, las mediciones ópticas no son posibles.

### 3.6 BAÑOS PARA RECOCIDO LIBRES DE CIANURO

#### 3.6.1 Sal de hidróxidos (KOH + NaOH)

Esta sal se emplea para el tratamiento térmico de acero a temperaturas entre 250 y aproximadamente 700°C. No contiene nitratos ni cianuros. Esta sal es de fácil solubilidad en el agua y no produce ninguna clase de residuos que pueda causar la oxidación de las piezas tratadas. Su peso específico es aproximadamente de 2.0.

La sal es fuertemente higroscópica y, por lo tanto, debe ser conservada en recipientes cerrados herméticamente, pues de otra forma, se licuaría por absorción de humedad, quedando inutilizable.

Esta sal representa el puente entre los baños nitrutantes que sólo son aplicables hasta los 550°C y los baños a base de cloruros que pueden aplicarse sólo desde aproximadamente los 480°C.



Por lo tanto, puede ser empleada para el revenido de los aceros, para el temple o enfriamiento brusco en estado intermedio o estado perlítico; y para temple y revenido de los aceros rápidos.

Al emplearse este baño para el enfriamiento brusco en el estado intermedio o en el estado perlítico tiene la ventaja sobre los baños nitrurantes que no corroe el acero. Para el tratamiento en el estado perlítico no puede emplearse esta sal en todos aquellos casos en que el acero se lleva directamente de este baño a otro cianuroso para su calentamiento definitivo a la temperatura de temple, porque el arrastre de esta sal al baño cianuroso comienza a descarburarlo. Si, en cambio, después del enfriamiento brusco en el estado perlítico, se deja enfriar al aire o se enfría bruscamente en agua, se hace notar una leve nitruración de las piezas de acero tratadas en cianato de potasio y NaCN o en cloruros de K y Na + NaCN. Para el enfriamiento brusco de acero rápido se emplea la sal de KOH y NaOH en vez de la sal de  $\text{CaCl}_2$ , NaCl, KCl o cianato de K y cianuro de Na. A pesar de que con el empleo de sal de cloruros de K, Ca, Na y con un sistema de trabajo bien planeado se presentan dificultades por la difícil solubilidad de esta sal, o por oxidación posterior, hay ciertos casos en que sería de desear una solubilidad más fácil de la sal adherida, el baño de cianatos con cianuros que se usa en tales casos, ha causado frecuentemente ciertas dificultades debidas a la absorción de nitrógeno durante el enfriamiento.

Con el empleo de la sal de hidróxidos no se presentan estas dificultades. Su fácil solubilidad en agua ofrece la posibilidad de lavar la sal

adherida a las piezas de acero rápido sin dificultad. El peligro de oxidación posterior es mínimo por la alcalinidad de esta sal.

Es cierto que las piezas de acero rápido enfriadas bruscamente en esta sal no son blancas como al emplear baños de cianatos o baños de cloruros, sino de color café oscuro. Pero éste no tiene ninguna importancia donde las piezas se limpian después a chorro de arena o donde son rectificadas en todas sus superficies.

Al emplear sal de hidróxidos para el enfriamiento brusco del acero rápido debe cuidarse con especial esmero de que las tenazas, canastillas, etc., que se usen se hayan lavado cuidadosamente con agua corriente de las sales adheridas, antes de que vuelvan a ser usados para el calentamiento del acero rápido, porque incluso una cantidad mínima de esta sal llevada a los baños de precalentamiento de recocido puede causar descarbonación.

Esta sal puede emplearse también para el enfriamiento brusco y el revenido de aceros de trabajo en caliente y de prensado en caliente. Al ser enfriados bruscamente en la sal de hidróxidos, los aceros de alta aleación de cromo son atacados, aunque sólo superficialmente. Para esta clase de aceros se recomienda el baño de cloruros de Ca, K y Na, por su enfriamiento brusco.

La sal de NaOH y KOH se funde en crisoles de acero calentados a gas, petróleo o por elementos eléctricos en forma de serpentinas exte-

riores. También es posible la calefacción con electrodos pero, debido a las temperaturas que se usan en estos baños, no compensa el alto costo del transformador de bajo voltaje que se necesita.

Como material para crisoles, teniendo en cuenta las temperaturas del caso, se usa acero blando hasta una temperatura de  $700^{\circ}\text{C}$ , no se necesita acero especial. No se utilizan los revestimientos de material cerámico, por la baja viscosidad de la sal y por los ataques químicos a este material.

Esta sal debe conservarse en recipientes de cierre hermético pues, al aire, absorbe humedad y se deshace. Al ser agregada una sal mojada produce salpicaduras, lo que sería sumamente desagradable por el efecto cáustico de la sal.

La medición de la temperatura puede efectuarse por medio de termómetros o de termoelementos. Las piezas tratadas en esta sal conviene enfriarlas inmediatamente del tratamiento, en agua, con excepción de los aceros rápidos y de trabajo en caliente que tendrán que enfriarse al aire. En cambio, en los aceros bonificables, el enfriamiento después del tratamiento no sólo causará el desprendimiento inmediato de las sales adheridas, sino que también elimina la posible acritud del revenido a que están espuestos estos aceros.

Después del enfriamiento brusco o del enfriamiento al aire -según la clase del acero- se lavan escrupulosamente las piezas en agua fresca

y en seguida se sumergen, como es general, en una emulsión anticorrosiva. Esta sal es tan de fácil solubilidad en agua que el desprendimiento de las sales aun de las perforaciones más pequeñas no presenta ningún problema.

Al emplear la sal de hidróxidos no debe olvidarse que contiene álcalis cáusticos sin los cuales no podría obtenerse el punto de fusión tan bajo y la fácil solubilidad en agua. Por lo tanto, no debe tomarse con las manos. Las salpicaduras de esta sal fundida deben lavarse inmediatamente y enjuagarlas con abundante agua boricada, especialmente peligrosas son las salpicaduras en los ojos. Por lo tanto al trabajar con esta sal, debe llevarse gafas o máscaras protectoras.

Esta sal no es venenosa. Por lo tanto no es necesario desintoxicar el agua de lavado o eventuales residuos de sales, siempre que no haya sido contagiado su uso por NaCN procedente de otros baños.

### 3.7 BAÑO DE SALES PARA RECOCIDO A BASE DE CLORUROS

Todas estas sales son mezclas cloruradas libres de carbonatos. No contienen ni cianuros ni salitre o álcalis cáusticos. La temperatura de trabajo de todas estas sales comienza a más o menos 40°C por encima del punto de fusión de cada sal. Las piezas pequeñas pueden tratarse también a una temperatura un poco más baja; las piezas de mayor tamaño o cargas más voluminosas se tratarán a temperaturas un poco más altas por el peligro del enfriamiento del baño.

Como temperatura máxima admisible se considera normalmente a aquélla a la cual la sal respectiva comienza a evaporarse en forma indebidamente fuerte. Naturalmente no pueden indicarse las temperaturas de trabajo máximas con precisión, así por ejemplo, podrá trabajarse ocasionalmente con cloruros de K, Ba, Na a una temperatura de  $1100^{\circ}\text{C}$ , donde se cuente con una buena aspiración, pero para trabajar constantemente a esta temperatura es preferible emplear el baño de cloruros de Na y Ba o cloruro de bario 100% los cuales son más estables a estas temperaturas.

Estos baños a base de cloruros no contienen ningún agregado que evite la descarburación.

Cuando y hasta qué grado se produce una descarburación, no sólo depende de la temperatura de temple, sino también del acero, del tiempo de permanencia dentro del baño, de sal y de la edad del baño.

La clase de acero tiene su importancia, por cuanto un acero rápido con sus carburos de difícil solubilidad puede ser precalentado sin peligros en cloruros de Ba, Na, K a  $900^{\circ}\text{C}$ , mientras que un acero al carbono se descarburará a esta temperatura.

Un acero al cromo del 12% puede por ejemplo, ser tratado con resultado más o menos bueno en cloruros de Ba, K, Na, mientras el baño esté fresco; en un baño más usado se presenta aparte de la descarburación, una aspereza superficial por causa de la reacción de los productos de des-

composición del baño de sal con el cromo del acero. En tales casos se usa un agregado a base de silicio metálico. A temperaturas menores de  $700^{\circ}\text{C}$  no hay peligro de que se presenten en estos baños efectos de descarbonización molestos. Para el revenido pueden emplearse, por lo tanto, sin riesgo alguno, como baños de recocido o baños para revenir los baños a base de  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$  ó  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{NaCl}$ .

Los baños a base de cloruros pueden usarse hasta aproximadamente  $900^{\circ}\text{C}$  en crisoles de acero. Pero los ataques de las sales libres de cianuros sobre el crisol de acero no pueden evitarse. Por consiguiente debe contarse con una duración más corta de los crisoles y se recomienda usar para estas sales crisoles macizos de cromo-níquel o, mejor todavía desistir de hornos calentados externamente y trabajar con hornos de electrodos revestidos con material cerámico de arcilla. El baño de  $\text{BaCl}_2$  100% puede usarse exclusivamente en hornos de electrodos revestidos con material arcilloso. Los ladrillos que se emplean pueden ser de tipo normal de arcilla, deben ser pobres en hierro y de granulación fina, bien cocidos. Puede usarse también una arcilla de alto contenido en greda (silicato de alúmina), pero no es necesario.

A los electrodos de tales hornos se les da un baño de cromo-níquel no sólo para aumentar su duración, sino también para evitar que llegue innecesariamente hierro a los baños de recocido, lo que aumentaría su efecto descarburador que, de por sí, es insignificante.

La medición de la temperatura se efectúa en estos baños con termoelementos de platino-rodio, de níquel-cromoníquel o de hierro-constantán. A temperaturas sobre los  $850^{\circ}\text{C}$  se necesitan para todos los baños campanas de aspiración, con el fin de extraer los vapores que si bien no son tóxicos, si molestos.

Los baños a base de cloruros pueden ser mezclados entre sí o se pueden agregar una de estas sales a la otra, si esto fuera necesario. Sin embargo esta práctica no es conveniente, pues lleva a confusiones en cuanto al punto de fusión y la temperatura de trabajo máxima. Ante todo no debería de mezclarse sal de cloruros de Ca, K, Na con las demás sales.

Al emplear cualquiera de estas sales en hornos de electrodos con crisol de cerámicos debe cuidarse que éstos tengan la albañilería bien hecha sin intersticios en los ladrillos. Por esta misma razón debe cuidarse que la temperatura de trabajo no se encuentre por encima del punto de fusión, de manera que la albañilería no deje pasar la sal.

Además, no debe olvidarse que la albañilería de estos hornos de electrodos tienen una gran superficie porosa, de modo que a la primera puesta en servicio, la albañilería absorbe una apreciable cantidad de las sales de recocido. Este fenómeno no puede evitarse, pero en vista de la larga duración de estos hornos de electrodos no tiene importancia. Las cantidades absorbidas por la albañilería pueden ser mayores que el mismo contenido del baño.

Las piezas cementadas en baños de cloruros pueden enfriarse bruscamente en salmuera o aceite mineral. El temple en baño caliente de  $\text{NaNO}_2$  y  $\text{KNO}_3$  sólo es posible después del calentamiento en baños de cloruros de Ba, K, Na a una temperatura máxima de  $950^\circ\text{C}$ , pero no después del calentamiento en cloruros de Ca, K, Na; porque se podrían producir pardos y tóxicos gases nitrosos.

La sal adherida a las piezas después del temple en aceite puede desprenderse fácilmente en agua fría. No se recomienda el agregado de  $\text{NaOH}$ , porque podrían formarse depósitos de difícil disolución sobre el material de acero. Al trabajar con estas sales libres de cianuros debe contarse con una mayor sensibilidad en cuanto a oxidación del material en ellas tratado, que al trabajar en baños de recocido que contienen cianuro. La sal adherida tiene que ser remojada inmediatamente después del tratamiento térmico en agua hirviente y aclarada después a chorro. Como protección a la oxidación posterior se debe tratar en una emulsión anticorrosiva o aceite mineral a una temperatura de aproximadamente  $110^\circ\text{C}$ .

### 3.8 SAL A BASE DE CARBONATO DE SODIO Y CLORURO DE POTASIO

(sólo para recocido de plata, oro y chapado)

Esta sal se emplea en crisoles de acero blando o mejor en crisoles de acero resistente contra formación de capas de oxidación, porque esta sal ataca fuertemente los crisoles de acero dulce a temperaturas mayores de  $700^\circ\text{C}$ .



Además sufre con el tiempo tal cambio, que origina manchas en las aleaciones recocidas. Esta sal se emplea normalmente para este fin sin agregado de NaCN, pues se ha visto que el agregado de NaCN ataca el oro enchapado. Especialmente las piezas de plateado delgado mostraron variaciones de color. En las piezas de plata que se tratan en baños que contienen NaCN pueden formarse ampollas, porque la reducción del protóxido de cobre encerrado en las aleaciones corrientes de plata que contienen cobre, se produce la formación de ampollas.

Por lo demás esta sal puede emplearse en hornos de baño de sal calentados a gas, a petróleo o por electrodos. Por lo general se prefiere la calefacción a gas. La medición de la temperatura se efectúa con termoelementos de hierro - constantán o platino rodio-platino. No es conveniente ni necesario cubrirlo con grafito. No pueden usarse hornos con revestimientos cerámicos.

Los metales nobles recocidos en este baño, se enfrían bruscamente en agua y se aclaran en agua fría. Las aleaciones ricas en cobre se someten generalmente, después del recocido, a un decapado.

Los metales nobles recocidos en baño de sal se distinguen por su fina estructura y su excelente aptitud para el pulido.

### 3.9 AGREGADO DE SILICIO METALICO PARA BAÑOS DE CLORUROS DE Ba, Na, K.

#### 3.9.1 Comparación con baño de cloruros de Ba, K, Na/NaCN y

baño carbonato de sodio y cloruro de potasio/ $\text{NaCN}$  y propiedades.

Para el tratamiento térmico exento de descarburación, en baños de sal a temperaturas hasta de  $950^{\circ}\text{C}$ , se han empleado hasta ahora sales de cianuro. Estas sales tienen la ventaja de una muy baja viscosidad y de fácil control de baños por titulación. Además se distinguen por la circunstancia de que los productos de oxidación del agregado que evita la descarburación, o sea el  $\text{NaCN}$ , queda siempre disuelto en el baño, de modo que estos baños siempre están libres de lodo, haciendo caso omiso a otros contagios o suciedades que puedan presentarse en el funcionamiento. El fuerte efecto reductor del cianuro protege el crisol y sus electrodos contra el desgaste, y además, las piezas tratadas en estos baños quedan protegidas, por la capa de sal cianurosa en su camino entre el baño de sal y el tanque de enfriamiento y hasta cierto punto también al enfriarse al aire, contra la oxidación. Por otra parte la cubierta de carbono producida por el  $\text{NaCN}$  protege contra fuerte irradiación. En algunas piezas que no se esmerilan o que sólo se esmerilan muy poco, la nitruración y eventualmente también la cementación aumentan su resistencia contra el desgaste y se obtiene una mayor duración.

A estas ventajas, que también en lo futuro conservarán el predominio de los baños de temple cianurosos, se enfrentan ciertas desventajas. Por ejemplo: los aceros de bajo contenido de carbono son cementados por estos baños y, además, el acero absorbe cierta cantidad de nitrógeno, por lo

tanto las piezas de cementación parcialmente torneadas vuelven a endurecerse durante el tratamiento térmico en estos baños justamente en aquellas partes torneadas, y aceros de alta aleación, como por ejemplo los aceros de cementación al cromo-níquel, tienden a la formación de austenita residual en la zona marginal. Ante todo, estos baños no son aplicables a temperaturas mayores de 950°C y sólo pueden ser empleadas en hornos con crisoles de acero, pero no en horno de revestimiento cerámico.

Los baños mezclados con silicio metálico no cementan ni nitruran, son inertes en el verdadero sentido de la palabra, y eso para todos los tipos de acero, sin importar su contenido de carbono, mientras que los baños cianurantes son inertes solamente para un acero de determinado contenido de carbono, lo que se desprende de la circunstancia de que baños cianurantes de composición determinada, si bien no descarburan un acero de alto contenido de carbono; en cambio cementan un acero de bajo contenido de carbono.

El silicio metálico no es tóxico y está libre de cianuro y es apropiado para hacer inerte el baño de cloruros de K, Ba, Na a temperaturas de 650°C hasta 1100°C.

El baño de cloruro de potasio y carbonato de sodio y los demás baños cianurosos no pueden ser mezclados con silicio metálico.

Una ventaja de este silicio es que puede usarse en hornos de revesti-

miento cerámico. Y los baños con agregado de silicio metálico no son alcalinos y están libres de oxígeno. Por esta razón no atacan los aceros de alto contenido de cromo. Como es sabido, el temple de esta clase de aceros en baño de sal estaba siempre expuesto a una débil corrosión de la superficie.

### 3.10 CAMPOS DE APLICACION DEL BAÑO DE CLORUROS DE Ba, Na, K + Silicio Y DEL BAÑO DE CLORUROS DE Ba, Na + Silicio metálico.

- 1) Tratamiento térmico de los aceros de cementación con una capa de cementación parcialmente torneada o para cementación de puntos aislados.
- 2) Tratamiento térmico de aceros de herramienta de alta aleación, especialmente de los aceros al cromo con aproximadamente 12% de cromo y de los aceros de trabajo en caliente a temperaturas entre 950° y 1100°C.
- 3) Precalentamiento de acero rápido libre de descarburación a aproximadamente 1100°C.

Para saber cual de estas dos sales debe usarse, eso depende del nivel de temperaturas respectivas. Para el tratamiento de aceros entre unos 650 y 950°C se usa la primera y para temperaturas de 900 a 1100°C se usa la segunda. Aunque según el caso se usa la segunda para temperaturas más bajas.

Estas sales se funden preferentemente en un horno de electrodos con

revestimiento refractario. La fusión de la primera sal se hace por medio de una resistencia de precalentamiento; de la segunda sal preferentemente con electrodos auxiliares y barra de carbón, tal como se conoce en el temple de acero rápido. El revestimiento cerámico puede ser de arcilla corriente.

Los electrodos pueden ser de acero blando, pero es preferible el empleo de electrodos revestidos con chapa de cromo-níquel o de elementos macizos de un material similar. Estos últimos tienen una duración considerablemente mayor.

Los electrodos de Cr-Ni son especialmente convenientes cuando se usa el baño para el precalentamiento de acero rápido.

Para la primera sal o sea el baño a base de cloruros de Na, K, Ba, hasta  $900^{\circ}\text{C}$ , pueden usarse hornos de crisol calentados a gas o petróleo con crisoles de acero blando (preferentemente crisoles protegidos contra la formación de capas de oxidación). Por lo general no se recubre el baño con grafito y, por lo tanto, su irradiación de calor es mayor que en los baños de contenido de NaCN que se cubren con carbón o grafito, de modo que se consume una mayor cantidad de calor que afecta fuertemente al crisol. Por esta razón y a temperaturas mayores de  $900^{\circ}\text{C}$ , deben preferirse los crisoles de Cr-Ni a los de acero blando. Siendo mejores los hornos de electrodos, especialmente aquéllos con revestimiento cerámico.

La temperatura se mide por medio de termoelementos, siendo aplica-

bles con igual éxito hasta 950°C. Los de Fe-Co y PtRh-Pt, para temperaturas mayores los termoelementos PtRh-Pt o también Fe-Ni respectivamente y, donde la exactitud de la medición no necesita ser muy grande, por medio de pirómetros de irradiación.

Para la preparación del baño se funde -de acuerdo con el nivel de temperaturas deseado- la sal en el horno respectivo y en seguida se agrega silicio metálico.

### 3.11 CONTROL DEL BAÑO POR SU EFECTO DESCARBURADOR

Es conveniente controlar el baño por su efecto descarburador inmediatamente después de haber agregado el silicio metálico. Este control no puede efectuarse por titulación, como en los baños que contienen NaCN. Es más recomendable un control del baño por el método de láminas. Para este efecto se sumerge una lámina de acero de 0,05 mm. de espesor con un contenido de carbono del 1% durante algún tiempo en el baño y se enfrían en salmuera.

Los tiempos de inmersión más convenientes son los siguientes:

850°C = 20 minutos

950°C = 15 minutos

1050°C = 10 minutos

En vez de una lámina puede usarse una hoja de afeitar de 0,05 mm. hasta 0,10 mm. de espesor.

Después de haber enfriado la lámina o la hoja de afeitar en agua, puede efectuarse el control por descarburación de las dos maneras siguientes:

- 1) Por lo general es suficiente probando la resistencia de la lámina a la fractura. Tiene que quebrarse entre los dedos como vidrio sin soportar flexión. En estas condiciones el baño está, conforme y no se necesita agregar más silicio metálico junto con sal nueva.
- 2) Más precisa, pero menos sencilla y generalmente no necesaria, es la determinación del contenido de carbono de la lámina por análisis químico. El método de láminas o folia es sumamente sencillo con la duración de inmersión indicada, de modo que aún puede admitirse un contenido de carbono de 0.7% con un contenido de carbono de la lámina del 1%, a pesar de que normalmente no presente ninguna dificultad controlar el baño de tal manera que en ningún caso podrá reconocerse una descarburación con la lámina.

En todo caso y especialmente donde se deben tratar herramientas de dientes finos o aceros de herramientas de alto contenido de cromo, debe intentarse que la descarburación de la lámina sea del 0%, mientras que en el tratamiento térmico de otras piezas puede admitirse sin inconvenientes una descarburación de la lámina del 30%.

La descarburación puede expresarse en porcentaje. Si la lámina con 1% de contenido acusa después de la inmersión un contenido en C del 0.7% por ejemplo, esto significa una pérdida del 30% de C de la lámina.

Esta descarburación de la lámina es un volumen puramente práctico, pero a su vez muy conveniente.

La regeneración del baño se hace, mientras no se descarbure, según necesidad, con sal nueva. No es necesario sacar algo del baño o tirarlo. Sin embargo, si esto fuera necesario por cualquier causa, no será necesario desintoxicar las sales extraídas.

La prueba de la lámina se hará como mínimo cada 8 horas si entonces la descarburación de la lámina no fuera igual a cero o si no fuese bastante baja deberá agregarse sal nueva con silicio metálico. La cantidad necesaria depende de la temperatura. Un pequeño aumento de esta sal nueva no es perjudicial pero formaría lodo.

Si se tratan en el baño piezas con escamas de óxido, lo que debe evitarse en lo posible, aumentará el consumo de la sal nueva con silicio metálico.

No es necesario recubrir el baño con grafito y, al precalentar acero rápido es incluso inadmisibles, el baño tiene que purgarse cada 8 horas. Los productos de oxidación de la sal rectificadora (con silicio metálico) no son solubles en el baño, sino que se depositan en el fondo. Si se efectúa esta purga cada 8 horas, no hay que temer molestias por formación de lodo. El consumo de la sal rectificadora es normalmente muy pequeño, de modo que la acumulación de lodo tampoco llegará a adquirir un volumen excesivo.



Al terminar el trabajo puede quedar el baño en el horno, siempre que se trate de  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$  + Silicio metálico en el crisol. Los baños de  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{NaCl}$  + Si metálico, por su alta temperatura de trabajo, no pueden ser usados en hornos de crisol calentados por combustible.

El agregado de la sal rectificadora no cambia sensiblemente el punto de fusión de las sales, tampoco se alteran los pesos específicos, ni sus coeficientes térmicos.

Es de observar que el calor específico y, dentro de los límites respectivos, la viscosidad y el punto de fusión, no tienen ninguna influencia sobre la velocidad de penetración del calor en las piezas de acero. Esto dependerá de la capacidad calorífica del horno.

### 3. 12 NORMAS DE SEGURIDAD Y DE TRABAJO

Los vapores que se producen con estas sales están prácticamente libres de tóxicos. Sin embargo, es recomendable aspirarlos por una campana lateral.

De lo antedicho se desprenden las reglas de seguridad que deben observarse con estas sales. Sólo debe evitarse que se introduzcan piezas de temple o dispositivos en el baño sin precalentar, para eliminar el peligro de salpicaduras.

Al trabajar con el baño debe llevarse gafas protectoras, a temperaturas mayores de  $900^\circ\text{C}$  conviene hacer uso de gafas de cristal ahumado para evitar el daño a los ojos procedente de los rayos infrarrojos.

No hay nada especial que decir sobre el tratamiento térmico de aceros a temperaturas de temple hasta  $950^{\circ}\text{C}$ . Después de su total calentamiento y de la duración respectiva del baño se enfrían, según el caso, en agua salada, aceite o solución nitrosa. Los aceros con temperaturas de temple mayores de  $950^{\circ}\text{C}$ , especialmente los aceros al cromo no se enfrían en el baño termal que contiene nitratos, sino preferentemente en aceite mineral o, donde hay altas exigencias con relación a la deformación o para evitar que se rompan, en baño de  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{NaCl}$  a unos  $500^{\circ}\text{C}$ , porque en el baño nitroso puede producirse fácilmente un ataque sobre la superficie completamente lisa que ha quedado en el baño anterior. Esto es aplicable especialmente para aquellas herramientas, que después del temple sólo con poco trabajadas y por ejemplo sólo se pulen. Pero en los casos en donde de todas maneras se aplica un rectificado posterior, puede enfriarse en baño caliente de nitratos. Pero al enfriar desde temperaturas mayores de  $850^{\circ}\text{C}$  se produce, en el baño de nitratos con el aumento de la temperatura de temple una creciente corrosión de la superficie.

Las piezas de acero templadas en agua, salmuera o en baño caliente de nitratos, sólo deben aclararse con agua fresca y sumergirse en seguida en alguna solución anticorrosiva.

## CAPITULO IV

## 4. BAÑOS DE SALES PARA REVENIDO Y MARTEMPERING

## 4.1 REVENIDO

El revenido tiene por objeto eliminar las tensiones producidas durante el temple, o bien bajar valores de dureza alcanzados previamente a valores de utilidad práctica para la pieza. En aceros de bonificación, el revenido también persigue el objeto de aumentar la tenacidad, elasticidad y otras propiedades físicas similares.

El revenido se realiza entre 160 y 650°C, dependiendo del tipo de acero para disminuir tensiones y evitar peligros de fisuras, los aceros de cementación son revenidos entre 160 y 200°C, y los aceros de construcción hasta 250°C. La temperatura de revenido de los aceros de bonificación oscila entre 300 y 550°C, mientras que los aceros para trabajo en caliente y aceros rápidos se revienen a temperaturas entre 550 y 650°C.

La ventaja del empleo de los baños de sales, frente a los hornos de revenido al aire; radica en que es posible que los primeros, alcancen y mantengan en forma absolutamente estable la temperatura requerida y logren además un calentamiento más rápido de las cargas mayores.

Para temperaturas de revenido de hasta 550°C, se emplean las sales que contienen nitritos y nitratos, a temperaturas mayores en cambio deben ser requeridas sales exentas de estos productos, sales de cloruros.

## 4.2 ENFRIAMIENTO EN BAÑO DE SALES

Los aceros no aleados son enfriados en agua. Aceros aleados en cambio son enfriados menos bruscamente en un baño de sales con nitritos y nitratos.

La temperatura del baño caliente se encuentra entre los 170 y 200°C, este tipo de enfriamiento tiene como ventaja frente al enfriamiento en aceite, que durante el proceso de enfriamiento no se forman burbujas de vapores en las piezas a alta temperatura. Por este motivo el enfriamiento es más uniforme, hay menor deformación y sobre todo no hay diferencia de durezas en distintos puntos de las piezas (ausencia de manchas blandas).

## 4.3 BONIFICADO INTERMEDIO

Durante el bonificado normal, las propiedades de resistencia y de tenacidad de los aceros templados son alcanzadas por medio de un revenido a temperaturas entre los 250 y 550°C. La dura estructura martensítica se convierte entonces en una estructura bonificada que a su vez es dura y tenaz. Para este revenido se emplean los baños de sales, conteniendo nitritos y nitratos.

Durante el bonificado intermedio la estructura austenítica de la pieza calentada a temperatura de temple, es transformada directamente (o sea sin un proceso de revenido posterior) en la estructura intermedia, dura y tenaz, por medio de un enfriamiento y posterior mantenimiento de la pieza

en los baños de sales de nitratos y nitritos, a temperaturas de trabajo que oscilan entre los 300 y 500°C. La estructura así alcanzada, demuestra una elevada tenacidad.

#### 4.4 BAÑOS DE SALES PARA TEMPERATURAS ENTRE 160 Y 550°C

Para estas temperaturas se utilizan sales conteniendo nitritos y nitratos. Químicamente las sales no se diferencian, todas ellas contienen nitratos. Dado que el nitrato comienza a descomponerse a temperaturas por encima de los 500°C, generando oxígeno, estas sales pueden ser utilizadas hasta temperaturas de 500 o máximo 550°C (temperatura máxima de trabajo).

Las sales, dependiendo del contenido de nitritos y nitratos, tendrán diferentes puntos de fusión, los cuales oscilan desde 138°C hasta 300°C y debido a esto la selección de la sal depende de la menor temperatura de trabajo necesaria.

Estas sales no deben ponerse en contacto con sales conteniendo cianuros, pues existiría peligro de explosión.

#### 4.5 MODO DE EMPLEO

Estas sales son fundidas en crisoles embutidos o soldados de hierro dulce o de fundición gris. A temperaturas de más de 500°C se recomienda usar crisoles de chapa inoxidable soldada. El calentamiento puede ser a gas o eléctrico.

No se recomienda el calentamiento por medio de combustible líquido usando sales de revenido, dado que un sobrecalentamiento del recipiente lleva a una destrucción muy rápida; y sobre todo, pueden producirse explosiones luego de la rotura de un crisol, por la violenta reacción producida por estas sales con partículas de hollín provenientes de la calefacción. Por lo dicho anteriormente es inaceptable el calentamiento con carbón u otros combustibles sólidos.

La medición de la temperatura puede realizarse por medio de termómetros de mercurio o termoelementos. Es conveniente proveer a estos equipos de una adecuada regulación de temperatura automática.

Debido a que estas sales son muy higroscópicas y estando húmedas tienden a hervir durante el calentamiento. Por lo tanto este calentamiento debe ser efectuado en forma lenta hasta los  $350^{\circ}\text{C}$ , hasta que toda la humedad se haya evaporado. A temperaturas mayores, este hervor y peligro de desborde ya no se produce. Luego de que la sal haya sido fundida y alcanzada la temperatura requerida, las piezas se introducen en ella, ya sea colgadas en alambres o dispuestas en canastos o dispositivos especiales. Las piezas deben estar perfectamente secas antes de ser sumergidas en el baño, dado que si no, sobre todo a temperaturas mayores de  $250^{\circ}\text{C}$ , se producen salpicaduras.

Luego del revenido las piezas se enfrían al aire o mejor aún en agua. Aceros aleados al cromo deben ser siempre enfriados bruscamente luego del revenido por encima de los  $400^{\circ}\text{C}$ , para evitar la fragilidad de reveni-

do. Durante el enfriamiento en agua la sal se desprende. Posteriormente las piezas se enjuagan con agua corriente y se sumergen en una emulsión anticorrosiva, para evitar la oxidación posterior.

Dado que las sales de revenido contienen oxígeno, luego del tratamiento de las piezas de acero en las mismas, se producen los típicos colores de revenido, los que se basan en una interferencia de la luz con la delgada capa de óxidos, de menos de un milésimo de milímetro, producida por la sal. Sólo a temperaturas mayores de 400°C se presentan los colores propios del óxido de hierro, produciéndose capas de mayor espesor de una coloración gris a negra, la cual le confieren a la pieza cierta protección a la oxidación.

Si la importancia primordial radica en la coloración de la pieza, debe tenerse en cuenta, que estos colores son más brillantes y uniformes, si la pieza ha sido previamente pulida y desengrasada. El enfriamiento debe realizarse en agua.

Los colores del revenido, que pueden ser alcanzados, son los siguientes:

<u>Color</u>	<u>Temperatura</u>
Amarillo pálido	200°C
Amarillo intenso	220
Marrón	240
Púrpura	260
Violeta	280

<u>Color</u>	<u>Temperatura</u>
Azul obscuro	290 °C
Azul eléctrico	300
Celeste	320
Gris verdoso	350
Negro	450 - 500 °C

Estos colores son válidos únicamente para aceros no aleados o débilmente aleados. Para otro tipo de aceros se alcanzan a temperaturas mucho mayores o bien no se producen.

#### 4.6 CONDICIONES DE SEGURIDAD

Es necesario tener en cuenta los siguientes puntos, en concepto de seguridad:

El calentamiento de los baños debe ser realizado únicamente por medio de gas o electricidad. Un control químico de los baños no es necesario.

Las sales de revenido conteniendo nitratos y nitritos no podrán mezclarse con sustancias combustibles. No pueden ser incorporados a los baños o polvos de cementación, sales de tratamientos térmicos cianuradas, u otras sustancias orgánicas. Empleando las sales del tipo de nitratos y nitritos para el enfriamiento en baño caliente, el enfriamiento no puede producirse desde baños que contengan más del 10% de sal cianurada. Las piezas de pequeñas dimensiones que son tratadas en canastos, no deben ser enfriadas de manera que se aglomeren en el fondo del baño, y sobre todo



no deben ser nunca enfriadas en un baño de nitratos junto con el canasto, dado que si no se produce una violenta reacción entre las partes ferrosas y el baño. Si es que se tratan alambres en el baño de sales nitrosas, los paquetes de alambre de un espesor menor de 5 mm. pueden ser tratados únicamente en forma continua, de ninguna manera los alambres finos pueden ser tratados en rollos, dado que así ya se han producido casos de graves accidentes.

Sobre todo en recipientes calentados exteriormente debe tenerse cuidado, de que las piezas de acero no se junten en el fondo del mismo. En piezas muy pequeñas, pueden producirse reacciones violentas entre las mismas y el baño de revenido, si el fondo del recipiente es sobrecalentado en los baños de revenido, en los que se tratan aceros, no pueden ser tratados metales livianos. Para este caso siempre deben estar dispuestos baños especiales y manejados de acuerdo con las condiciones de seguridad para baños que contienen nitratos para bonificado de metales livianos.

Si es que se requiriera para el fundido de sales de nitritos y nitratos un crisol en el que previamente hayan sido utilizadas sales conteniendo cianuros este crisol debe ser vaciado perfectamente y limpiado cuidadosamente sin que queden restos de sales.

#### 4.7 BAÑOS DE SALES PARA MARTEMPERING

##### 4.7.1 Martempering

El martempering en los aceros consiste en:

- 1) Templar en aceite caliente o en sal fundida a una temperatura en la parte superior de la región de transformación martensítica, o ligeramente por encima de ella.
- 2) Mantener el acero en el medio de temple hasta que la temperatura a través de la pieza sea uniforme.
- 3) Enfriar a una velocidad moderada, (generalmente en aire), para prevenir cualquier diferencia grande de temperaturas entre el centro y la parte exterior de la sección.

La formación de la martensita ocurre bastante uniformemente a través de la pieza durante el enfriamiento hasta la temperatura ambiente, evitándose la producción de cantidades excesivas de tensiones residuales.

El martempering debe ser seguido de un revenido de la misma manera como se hace luego el temple convencional.

Los aceros aleados son generalmente más aptos para martempering que los aceros al carbono.

#### 4.7.2 Composición y poder enfriante de las sales.

La sal más comúnmente empleada para martempering está compuesta por:

Nitrato de potasio	50 a 60%
Nitrito de sodio	50 a 30%
Nitrato de sodio	0 a 10%

La mezcla funde alrededor de  $140^{\circ}\text{C}$  y puede ser usada entre  $160$  y  $540^{\circ}\text{C}$ , aunque habitualmente sea usada a una temperatura de operación de  $175^{\circ}\text{C}$ .

La potencia enfriante de la sal agitada a  $205^{\circ}\text{C}$  es aproximadamente igual a la de un aceite convencional agitado en un temple de aceite. La adición de agua a la sal aumenta la velocidad de enfriamiento de un acero.

Las ventajas de la sal comparadas con los aceites para martempering son las siguientes:

- 1) La velocidad de enfriamiento de la sal cambia sólo ligeramente sobre un rango de temperaturas amplio.
- 2) La sal retiene la estabilidad química, tal que sólo requiere que se complete la cantidad perdida por arrastre de las piezas.
- 3) La sal tiene un rango amplio de temperaturas de operación.
- 4) La sal es fácilmente removida de las piezas por lavado de agua.
- 5) En la sal se requiere menos tiempo para que las sales alcancen la igualación de temperaturas.
- 6) El aceite a diferencia de la sal está limitado a una temperatura de operación máxima de  $230^{\circ}\text{C}$ .
- 7) El aceite se deteriora con el uso de manera que se requiere un control periódico de sus características.

- 8) Los tiempos necesarios para que las piezas alcancen uniformidad en la temperatura son menos largos para la sal que para el aceite.
- 9) El aceite, tanto frío como caliente, presenta peligro de incendio.

Desventajas de la sal con respecto al aceite.

- 1) La temperatura mínima de operación de la sal es de  $160^{\circ}\text{C}$ .
- 2) Debido a los peligros de explosión se debe dar especial consideración al tipo de sal de austenización empleada.
- 3) El aceite puede ser usado a bajas temperaturas (abajo de  $140^{\circ}\text{C}$ ).
- 4) El aceite puede ser manipulado a temperatura ambiente.
- 5) Hay menos pérdidas de aceite por arrastre.
- 6) El aceite es compatible con todas las sales de austenización.

Precauciones especiales deben ser tomadas cuando se operan baños de nitrito-nitrato.

- 1) El baño de sal no debe exceder la temperatura de  $590^{\circ}\text{C}$  o puede producirse fuego o explosión. Por lo tanto los baños de sales deben estar equipados con un controlador del límite superior de temperaturas, en caso de incendio un extinguidor con dióxido de carbono debe ser usado. El agua no debe ser nunca usada para extinguir el fuego en un baño de nitratos.
- 2) Las mezclas de nitritos con nitratos son oxidantes y pueden sufrir

combustión, por lo tanto materiales oxidables no deben ser dejados cerca del baño.

- 3) Los guantes de los operadores pueden llegar a saturarse con la sal por el manipuleo de las piezas y pueden inflamarse cuando están cerca del horno. Estos guantes deben ser descartados.
- 4) Las sales de cianuro son incompatibles con los baños de nitratos por lo que todas las herramientas transportadoras deben ser limpiadas para remover toda la sal antes de que ellas sean reusadas.
- 5) Un buen almacenamiento puede ayudar a prevenir accidentes. Las sales para martempering deben ser almacenadas en recipientes herméticos. Si están almacenadas cerca de sales de otras composiciones, los recipientes deben clasificarse con colores.

Las temperaturas de los baños de martempering varían considerablemente según la composición de las piezas, la temperatura de austenización y los resultados deseables. Para establecer el proceso en una aplicación nueva, muchas plantas comienzan a 95°C para temple en aceite y 175°C para sales de temple. Progresivamente aumentan la temperatura hasta obtener la mejor relación de dureza o distorsión.

El tiempo en el baño de martempering depende del espesor de la sección, del tipo de acero, de la temperatura y del grado de agitación del medio del temple.

El tiempo de inmersión requerido en sal puede ser reducido en un 50% por la adición de 1 a 2% de  $H_2O$ . Esta adición de agua aumenta la velocidad de temple del baño pero dicha adición debe hacerse en forma de no producir salpicaduras a la sal. Esto se consigue introduciendo un chorro de vapor en la zona de máxima agitación del baño.

La agitación de una sal de martempering, aumenta considerablemente la dureza obtenible para una sección dada.

#### 4.8 BAÑO CALIENTE PARA TEMPLE O MARTEMPERING

Durante el temple usual por enfriamiento brusco, el acero calentado a su respectiva temperatura de temple, es enfriado en el medio refrigerante correspondiente, agua, salmuera o aceite y, según la composición del acero y su tamaño, es enfriado con tanta rapidez a la temperatura ambiente para evitar la formación de perlita, de ferrita y de carburos y para que el baño de enfriamiento se produzca la estructura de temple Martensita. La transformación en martensita durante el enfriamiento brusco se produce a una determinada temperatura, llamada de formación de la martensita. Depende del contenido de carbono y demás componentes del acero.

Por lo tanto, la temperatura de formación de martensita para los aceros de herramientas corrientes y para la zona marginal de los aceros de cementación se encuentra aproximadamente a  $200^{\circ}C$ .

Ahora bien para templar un acero no es necesario pasar el intervalo térmico de la formación de la martensita en forma rápida, más bien

se ha encontrado que es totalmente suficiente enfriar el acero desde su temperatura de formación de martensita para que se conserve su austenita. Si desde ahí para adelante se enfría lentamente, es decir, en aire quieto, se transforma la austenita bastante regularmente en martensita a través de toda la sección de la pieza.

A una temperatura ligeramente superior a la temperatura de la formación de la martensita, la austenita es estable durante algún tiempo. Por lo tanto enfriando las piezas en un baño de unos  $200^{\circ}\text{C}$ , pueden mantenerse las piezas en este baño hasta que las diferencias térmicas entre superficie y zona nuclear y entre las secciones delgadas y gruesas se hayan igualado, sin que la austenita haya sufrido variación alguna. Por esta razón, durante el enfriamiento siguiente a temperatura ambiente, la martensita, que ocupa mayor volumen, se forma en casi todas las zonas de la pieza casi simultáneamente. A este proceso se le denomina temple en baño caliente o martempering.

En cambio, durante el temple normal, es decir por enfriamiento brusco en el baño frío, la martensita se forma dentro de las diferentes partes de la pieza en distintos momentos. Debido al aumento de volumen inherente a la formación de martensita y a la pérdida simultánea de la deformabilidad plástica, se producen tensiones y con ella deformaciones y peligro de grietas.

Para aprovechar las ventajas que trae la fijación de la austenita por encima de la temperatura de formación de la martensita, era necesario

encontrar un baño de enfriamiento apropiado que a la temperatura necesaria de unos  $200^{\circ}\text{C}$ , para el enfriamiento bastante rápido de los aceros con el contenido de carbono usual, impidiera la descomposición prematura de la austenita. Los mejores resultados los dieron los baños de mezclas salitrosas, por ejemplo mezcla de  $\text{NaNO}_2$  y  $\text{KNO}_3$  con un punto de fusión de  $140^{\circ}\text{C}$ . En comparación con el enfriamiento en aceite, el temple en baño caliente de nitratos, tiene una ventaja adicional. Mientras que para el temple en aceite se forman burbujas de vapor haciendo que el enfriamiento sea irregular, en el baño de sales no hay formación de vapores. Por esta razón, el enfriamiento desde la temperatura de temple a la temperatura del baño caliente se produce por pura convección, esto favorece el mantenimiento de las dimensiones de las piezas por un lado y por otro lado la total igualdad de la dureza obtenida.

Pueden templarse en el baño de sales nitrosas todos los aceros templables en aceite, es decir, todos los aceros aleados, siempre que su temperatura de temple no exceda a los  $950^{\circ}\text{C}$  y, además, todos aquéllos de cementación no aleados hasta un diámetro de unos 10 mm., siempre que se enfríen desde la temperatura de cementación directamente en el baño caliente.

Los aceros a temperaturas de temple superior a  $950^{\circ}\text{C}$  son generalmente templables al aire, pero es conveniente también en un baño caliente, porque éste absorbe el calor en forma regular y, por otra parte, evita la corrosión o la oxidación de la superficie de la pieza; lo que no sucede al enfriar al aire.



Para este temple en baño caliente no puede usarse el baño de  $\text{NaNO}_2$  y  $\text{KNO}_3$ .

La temperatura media resultante de:

$$\frac{\text{Temperatura de temple} + \text{Temperatura de baño caliente}}{2}$$

Debe ser de 600 hasta 650°C. Si se sobrepasa este valor pueden presentarse en la superficie de la pieza corrosiones y fuerte oxidación e incluso en secciones delgadas, puede ocurrir que partes enteras de las piezas sean quemadas. Como baño caliente para esta clase de aceros, se emplea un caldo de sal de recocido a base de  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{BaCl}_2$  y  $\text{NaCl}$ .

En los aceros de cementación se trata estrictamente sólo del temple en baño caliente propiamente dicho para la zona marginal. Como es sabido, la estructura del núcleo se transforma, por su menor contenido de carbono, ya a temperaturas mayores en martensita. Las ventajas del baño caliente en el tratamiento térmico de los aceros estriba principalmente en lo ya antes mencionado, eliminación de la formación de una especie de envoltura de vapor.

El efecto enfriador de un baño caliente es casi igual al de un aceite de temple, como lo compruebe las mediciones de la velocidad del enfriamiento confirmadas por las experiencias prácticas. (Fig. 3 y 4).

De acuerdo con estas medidas, los aceros templeables en aceite adquieren, en el martempering, prácticamente las mismas características de

temple y de resistencia que al enfriarlos en aceite.

Para la práctica es importante darse clara cuenta de los efectos del enfriamiento en un baño de nitratos y sobre las variaciones de estos efectos bajo distintas condiciones.

El efecto enfriador depende de:

- 1) La temperatura del baño.
- 2) El movimiento interno del baño (agitación).
- 3) El contenido eventual de agua, y
- 4) La presencia de más o menos lodo.

Como es de esperar el efecto enfriador decrece a temperatura creciente. Sin embargo, en la práctica se ha visto que las variaciones de temperatura entre 180 y 220°C no tienen influencia considerable sobre el grado de dureza obtenido. Es este un punto importante, pues la temperatura del baño aumenta al introducir piezas por templar, de modo que son inevitables pequeñas variaciones de temperatura.

El movimiento del baño tiene también su influencia, pues el efecto de enfriamiento aumenta moviendo las piezas al templar en el baño o agitando el baño por medio de un mecanismo removedor los baños de mayor tamaño, de modo que se pueden enfriar mayores cantidades de piezas a templar que sin este mecanismo o sin dar ningún movimiento al baño.

El contenido de agua es de influencia relativamente importante. Resulta que un pequeño contenido de agua aumenta el efecto enfriador notablemente, pero, al quedar saturado el baño con agua, decrece el efecto enfriador a causa de la formación de burbujas de vapor.

Para mantener proporciones equilibradas, deberá mantenerse constante el contenido de agua o, por ser imposible en la práctica, se trabajará con baños totalmente libres de agua. El agua se elimina del baño calentándolo durante algún tiempo a  $350^{\circ}\text{C}$ .

Las piezas que sean templadas en el baño caliente se calientan en un baño de sal a la temperatura de temple. En donde el contenido de NaCN no debe exceder del 10%, pues de otro modo provocaría salpicaduras el baño caliente al introducir la pieza por templar. Lo mejor es templar desde el baño de sales a base de cloruros de Ba, K y Na con 3% hasta 5% de NaCN.

Siempre debe cuidarse que no queden mayores cantidades de sales que contengan NaCN en perforaciones, inclusiones, etc. de las piezas, que pudieran reaccionar con el baño caliente o que no se enfríe desde un baño en cuya superficie puedan flotar aún sales de alto contenido de NaCN sin disolver. Tampoco deben quedar adheridos residuos de sales de alto contenido de NaCN a dispositivos de suspensión, alambres, etc. por el peligro de salpicaduras en el baño caliente, ni restos de nitratos, pues siempre existe la posibilidad de que uno de los dispositivos sea introducido ocasionalmente en un baño de mayor contenido de NaCN.

Ocasionalmente se templen piezas, procedentes de baños libres de cianuros. Desde baño de cloruros de Ba, Na, K, no debe enfriarse en baños calientes de nitratos, porque se producen gases nitrosos venenosos de color café. La sal de temple adherida se disuelve en el baño caliente y se desprende incluso de las pequeñas perforaciones. Esta es una ventaja del temple en baño caliente en comparación con el temple en aceite, después del cual es muy difícil limpiar las adherencias de  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{SrCl}_2$ ,  $\text{KCl}$  con  $\text{NaCN}$ .

#### 4.9 EL TEMPLE EN BAÑO DE $\text{NaNO}_2$ y $\text{KNO}_3$

Aquellos aceros con una aleación tan baja que al introducirlos en este baño se templen todavía a una temperatura de  $200^\circ\text{C}$ , como por ejemplo los aceros templeables al agua de grandes espesores, no pueden templearse en el baño caliente.

No deben usarse baños con un contenido mayor del 10% de  $\text{NaCN}$  para el calentamiento de las piezas. Hay que remover también este baño y retirar el lodo con un dispositivo. Puede usarse por lo tanto un horno normal de baño caliente, pero, en vista de la baja temperatura, también sirve cualquier tanque de enfriamiento que puede calentarse y enfriarse por agua, tal como se suele usar para los baños de aceite.

Tal como en el temple en baño caliente en esta solución pueden enfriarse sólo aceros a una temperatura de temple máxima de  $950^\circ\text{C}$ .

Las piezas enfriadas en el baño caliente o en solución de nitratos

toman un tinte gris negruzco o azul negruzco. Los aceros con un contenido de níquel toman un color amarillento. Las piezas se aclaran con agua fría y se tratan con una emulsión anticorrosiva.

Tanto en el temple en baño caliente y el temple en solución de nitratos se reducen considerablemente las deformaciones de las piezas. Naturalmente aquellas deformaciones causadas por tensiones originadas por el forjado o durante otros procesos de fabricación, no pueden eliminarse en el temple en el baño caliente; el temple en el baño caliente sólo evita las tensiones por enfriamiento brusco y las deformaciones causadas por éste.

A continuación se van a mencionar algunas fuentes de errores durante el temple en baño caliente:

Al enfriar las piezas en nitratos, no deben colocarse una encima de la otra.

Las acumulaciones de calor que se producen entre las piezas conducen a corrosiones o a la formación de una capa roja o parda de oxidación. Por lo que las piezas deben introducirse al baño por separado o con piezas distanciadoras o deben ser vertidas desde los canastillos repartiéndolas en forma regular.

Una dureza deficiente en aceros no aleados y de baja aleación que al principio tomaron la dureza esperada en el baño caliente, puede tener como causa que al principio se había trabajado con sal fresca con cierto

contenido de agua, pero que con el uso lo perdió, siendo menos efectiva en su enfriamiento. El recurso de agregar un porcentaje de agua al baño es muy poco seguro, debido a que pequeñas cantidades de agua pueden tener alguna influencia difícil de controlar.

En la siguiente tabla se da un resumen de las sales que se recomiendan para el temple en baño caliente de diferentes aceros:

<u>Acero</u>	<u>Baño</u>	<u>Temperatura</u>
Aceros de cementación, bonificables y de herramientas templables en aceite con una temperatura máxima de temple desde 950°C.	Mezcla de $\text{NaNO}_2$ y $\text{KNO}_3$	aproximadamente 200°C.
Aceros templables al agua y aceros templables en aceite de tan baja aleación que no se endurecen en el caldo de nitratos.	Solución acuosa de nitratos con un peso específico de 1.8	aproximadamente 80°C.
Aceros rápidos y aceros de trabajo en caliente y similares.	Cloruros de Ca, Ba y Na o hidróxidos de Na y K.	De 400 hasta 500°C.

Este temple en baño caliente, también se puede usar para los aceros templables en agua, por el llamado Temple Interrumpido o Temple

Fraccionario . En vista de que, para la formación de la martensita, es suficiente enfriar con bastante rapidez a unos  $200^{\circ}\text{C}$ , prácticamente sólo - lo sería necesario enfriar el acero hasta su temperatura de formación de la martensita en agua o preferentemente en agua salada, dejándolo en seguida enfriarse completamente al aire. Pero siendo imposible distinguir el punto martensítico con exactitud durante el enfriamiento rápido y sacar en ese momento el acero del agua, se procede de tal manera que al haber llegado aproximadamente al punto martensítico, se traslada la pieza del agua salada a un baño caliente a  $200^{\circ}\text{C}$ , dejándola en este baño hasta que haya adquirido la temperatura del baño, para enfriarla después al aire. El momento de traslado tiene un margen bastante amplio.

Como indicación puede servir el ruido característico que se produce en el enfriamiento en agua salada, especialmente con piezas grandes; una vez que este ruido haya cesado y la pieza conserve bastante temperatura para evaporar salpicaduras de agua, se la traslada al baño caliente.

Este procedimiento se emplea preferentemente en piezas de acero de herramientas templadas en agua y de fácil rotura.



## CAPITULO V

## 5. BAÑOS DE SALES PARA TRATAMIENTOS TERMICOS DE ACEROS RAPIDOS Y ACEROS DE HERRAMIENTAS.

## 5.1 TRATAMIENTO TERMICO DE ACEROS RAPIDOS.

El tratamiento térmico de aceros rápidos es un proceso con grandes exigencias, sobre todo en lo que a la descarburación se refiere, dadas las altas temperaturas a emplear.

A continuación se van a mencionar las indicaciones para cubrir estas exigencias:

Primera etapa de precalentamiento.

El primer precalentamiento no se efectúa en un baño, sino al aire. Para ello generalmente se usa un horno de precalentamiento eléctrico. Sin embargo, si en la siguiente etapa el calentamiento se efectúa mediante gas o combustible líquido, la cámara precalentadora de este horno puede usarse como primer precalentamiento del acero rápido. Este se lleva hasta aproximadamente 500°C; a esta temperatura aún no existe para el acero rápido, el peligro de una oxidación o descarburación superficial. Las piezas deben permanecer en la etapa de precalentamiento hasta que hayan tomado temperatura uniforme; un estacionamiento prolongado no es perjudicial. Si la cámara precalentadora es calentada por gases de escape y, por consiguiente no puede ser mantenida automáticamente en



500°C, a diferencia de los hornos eléctricos, debe cuidarse que las piezas sean precalentadas uniformemente hasta adoptar un color de revenido azul o negro, pero sin que lleguen al rojo oscuro total o parcialmente.

Segunda etapa de precalentamiento.

Como segunda etapa de precalentamiento sólo puede usarse un baño de sales. Este precalentamiento se efectúa favorablemente de 800 a 900°C. Para este baño se emplean cloruros de Ba, K<sub>2</sub> y Na. Si la temperatura de 900°C no es sobrepasada, el baño es mantenido limpio y no existe aún posibilidad de descarburación para los aceros rápidos.

En este baño de precalentamiento las piezas permanecen hasta su calentamiento total. Cuando se ponga en marcha este baño en un horno con calentamiento externo debe tenerse cuidado de no agregar la sal cuando el crisol ya esté tomando color claro; porque se oxidaría fuertemente.

Si se emplea un horno a electrodos sumergidos, la puesta en marcha se efectúa convenientemente con ayuda de una resistencia auxiliar, que se quita del baño una vez que éste haya fundido.

En el caso de la puesta en marcha de un crisol o revestimiento cerámico nuevo, debe eliminarse la humedad, para lo cual se conecta convenientemente una resistencia calefactora alimentada por la tensión secundaria del transformador.

Tercera etapa de precalentamiento.

Si se deben tratar grandes cantidades de carga, y sobre todo piezas de secciones muy variadas es conveniente una etapa de precalentamiento adicional de aproximadamente  $1100^{\circ}\text{C}$ . Para ello se deben usar un baño de ~~carburos/silicio~~ dado que a esta temperatura la descarburación procede con bastante rapidez. El uso de este baño sin la adición de silicio metálico sería apropiado solamente para las piezas que serán rectificadas totalmente. Pero, como con el agregado de silicio metálico también se segrega el hierro que llega a la solución desde los electrodos y dispositivos (el cual podría producir lodos y descarburación en el posterior baño a altas temperaturas), es preferible la adición de silicio metálico y el control por medio de la lámina.

Este baño debe ser desenlodado cada ocho horas. Los vapores salinos, que a esta temperatura ya son abundantes, deben ser extraídos necesariamente por una campana. Las piezas de acero permanecen en este baño hasta que se hayan calentado totalmente. Si se trabaja sin el agregado del silicio metálico no es aceptable de ninguna manera una permanencia prolongada de las piezas de acero rápido en el baño, dado que se produciría una marcada descarburación. De lo contrario si se adiciona silicio metálico una larga permanencia no causa peligro alguno, siempre que se tenga en cuenta la disolución de los carburos, que comienza a los  $1100^{\circ}\text{C}$ , cuando se calcule el tiempo de inmersión para el posterior baño de altas temperaturas.

## CALENTAMIENTO A TEMPERATURA DE TEMPLE.

Para el calentamiento de las piezas de acero rápido a la temperatura de temple, que se encuentra entre los  $1200^{\circ}\text{C}$  y  $1300^{\circ}\text{C}$ , se pueden usar diversas sales (3.6, 3.7, 3.8 y 3.9, Cap. III), las cuales se diferencian entre sí en algunos aspectos y que requieren características del horno y modalidades de trabajo distintas.

El baño más antiguo es el de cloruro de bario con silicato de calcio, este baño disminuye la descarburación pero no la evita totalmente. Por eso debe usarse sólo en donde se permita una pequeña descarburación.

Para evitar totalmente la descarburación existen baños de cloruro de bario con fluoruro de magnesio de los cuales se hablará más adelante.

### 5.2 BAÑO DE CLORURO DE BARIO CON SILICATO DE CALCIO.

Este baño como se había dicho es de los más antiguos para tratamiento térmico y evita hasta cierto grado la descarburación, pero las herramientas de dientes finos que no pueden ser rectificadas después del temple en todas sus superficies, no pueden tratarse ventajosamente en este baño.

Sin embargo tratándose de herramientas lisas poco sensibles a la descarburación, puede usarse este baño con muy buenos resultados.

Este baño de sales puede usarse exclusivamente en hornos de baño

de sal con electrodos. Como material refractario puede usarse cualquier arcilla del 45% al 60% de alumina ( $\text{SiO}_2$ ), siempre que sean compactos y pobres en hierro, como así también masas para moldear en forma análoga. Los electrodos se fabricarán únicamente de acero dulce o de bajo carbono.

Antes de su puesta en funcionamiento el horno se seca cuidadosamente. Debe cuidarse, mediante la regulación de los electrodos auxiliares y el ajuste adecuado del transformador, que no se solidifique la sal.

El control del baño se limita a un deslizado regular.

Las piezas de acero que deban ser calentadas en este baño, se sumergen convenientemente por medio de tenazas, canastillos u otros dispositivos de suspensión adecuados. En este sentido deben observarse los siguientes puntos:

- 1) Todos los dispositivos auxiliares deben estar hechos de aceros pobres en carbono. Un acero rico en carbono lleva a la fusión de los dispositivos, a la carburación de las herramientas y defectos similares.

Tampoco es apropiado el acero inoxidable.

- 2) Las piezas que se introduzcan en el horno no deben ser mayores que la mitad o dos terceras partes como máximo del diámetro interior del espacio aprovechable del horno y de ningún modo deben entrar en contacto con los electrodos, pues de esta manera podrían producirse sobreca -

lentamientos y fusiones.

3) Todos los dispositivos deben estar absolutamente limpios y libres de oxidación no deben calentarse al aire, pues las escamas de oxidación que se producen en este caso, causan el enfangamiento del baño y la descarburación del acero rápido.

4) Los dispositivos no deben estar contaminados por adherencia de sales cianurantes o nitrurantes, de hidróxidos o de sus residuos, pues esto podría causar una fuerte descarburación del acero rápido.

### 5.3 BAÑO DE CLORURO DE BARIO CON FLUORUROS.

Este baño de sales sólo puede ser empleado en hornos de electrodos.

Para el uso de este baño debe secarse absolutamente la mampostería del horno antes de fundir el baño. Luego del secado no debe fundirse inmediatamente esta sal, sino que el crisol debe ser saturado antes con  $BaCl_2$  a  $1200^{\circ}C$  aproximadamente y durante 24 horas, para así eliminar los últimos residuos de humedad en la mampostería.

De esta forma se evita que la sal penetre en la mampostería y la humedad de ésta la destruya.

El control del baño se efectúa mediante un deslizado regular y un control de descarburación con la folia, más o menos severo según las circunstancias.

Generalmente es suficiente una reposición del 10% del contenido del baño cada 8 horas para evitar totalmente la descarburación. Pero el consumo puede ser mayor si se hacen llegar al baño piezas oxidadas o elementos de sujeción y dispositivos no totalmente limpios, o se use el baño de precalentamiento anterior sin su contenido de silicio metálico y el baño de alta temperatura se encuentre muy impurificado.

El control del baño se efectúa mediante el método de la folia. Con este objeto se sumerge durante aproximadamente cinco minutos un trozo de 15 cm. de una folia de aproximadamente 1% de C; en el baño a la temperatura de temple y luego se enfría bruscamente en agua. La folia así tratada, y una vez seca y limpia, puede ser analizada en cuanto a su contenido de carbono. Un contenido de alrededor de 0.5-0.8% de C puede considerarse como satisfactorio. Únicamente en el caso de piezas de dientes muy finos y que deban ser mantenidas durante un lapso muy prolongado en el baño y que no puedan rectificarse posteriormente, debe tenderse a un contenido de carbono en la folia superior al 8%. Para exigencias menores el análisis del contenido de carbono de la folia puede ser reemplazado por el simple ensayo de doblado (flexión). Si la folia se quiebra frágilmente como un vidrio, el contenido de carbono es mayor que aproximadamente 5%; si, en cambio, se dobla elásticamente, es imprescindible el agregado de sal fresca, si se quiere evitar la descarburación de las piezas a tratar en este baño.

Si este baño es de uso continuo, se debe vaciar y deslodar por lo

menos una vez a la semana. Para saber cuanta sal es necesario agregar para evitar la descarburación, se debe comprobar por el método de la folia.

#### 5.4 MEDICION DE LA TEMPERATURA Y ASPIRACION

**Temperatura.** La medición de temperaturas se puede realizar mediante pirómetros ópticos. Pero como en la práctica siempre sucede que por pequeñas partículas de escoria que se encuentran flotando en la superficie del baño, o bien por dispositivos de sujeción para la carga, se producen errores en las mediciones, es preferible efectuar la medición y/o regulación de la temperatura por medio de termoelementos sumergidos.

Para la regulación de la temperatura en el baño es conveniente acoplar un termoelemento platino-platino/rhodio a un pirómetro regulador transmisor rápido, por ejemplo un pirómetro electrónico.

**Aspiración.** Todos los baños de temple de acero se evaporan considerablemente entre los 1200 y los 1300°C. La evaporación es más pronunciada mientras más alta es la temperatura, sobre todo con alta humedad ambiental la evaporación se hace más notable. Estos vapores deben ser aspirados, lo que se realiza convenientemente mediante la campana de succión lateral. Las campanas cerradas, no sólo son molestas al traspasar la carga de un baño a otro, sino también dificultan sumamente la limpieza del crisol y los electrodos. En caso de usar pirómetros ópticos, los vapores que se acumulen en la campana alterarán la medición. Debido a que los vapores provenientes del baño de temple son

levemente ácidos, la tubería no debe ser de hierro no protegido pues se oxidaría rápidamente.

Los vapores salinos son retenidos por vía húmeda y los gases de escape derivados a la atmósfera por medio de una chimenea de por menos 3 m. de altura sobre el techo. Esta chimenea debe estar descubierta, porque si no se opondría una resistencia elevada a la salida de los gases. Debe evitarse muy especialmente que los vapores salinos ácidos no lleguen a las salas de máquinas; herramientas, almacenes, depósitos o similares, dado que existe el peligro de oxidación. Estos vapores deben ser tratados por vía húmeda.

#### 5.5 TIEMPO DE INMERSION

El tiempo de permanencia de las piezas de acero rápido en el baño de alta temperatura depende sustancialmente de su sección, la temperatura y duración del precalentamiento y de la caída de la temperatura durante la carga del baño. Este último factor de inseguridad debe ser mantenido dentro de límites estrechos eligiendo baños suficientemente amplios, cargas no muy amplias y un óptimo precalentamiento. Una idea para el tiempo de inmersión a  $1050^{\circ}\text{C}$  y en piezas de sección aproximadamente cuadrada, da la siguiente tabla:

Sección de la pieza en mm.	Tiempo de inmersión en seg.
50	60
100	70
200	90
400	115
800	160
1000	170



En las figs. 6 y 7 se hace notar la comparación en tiempo de inmersión de aceros rápidos para temple de cortes transversales cuadrados y casi cuadrados.

## 5.6 TEMPLE

Si las piezas han sido mantenidas a temperatura de temple durante un período suficiente deben ser enfriadas bruscamente.

Actualmente sólo puede considerarse un baño de sal a 500-580°C. El enfriado al aire provoca descarburación, salvo en el caso de piezas de paredes muy delgadas, además de las dificultades de limpieza. El temple en aceite produce deformaciones muy pronunciadas, fisuras y también dificultades en la limpieza.

Como sal para baño de enfriamiento se utilizan cloruros de Ca, Ba y Na. El uso para el temple de baños que contienen cianuros, por ejemplo con sales de nitruración sólo es posible en casos excepcionales, porque provoca una nitruración y consecuentemente una formación de una delgada capa de nitrógeno-austenita sobre el acero rápido. Esto produce fragilidad en las piezas delicadas, que puede tener consecuencias muy desventajosas, sobre todo en herramientas de corte y cuando es necesario un enderezado posterior de las piezas tratadas. El efecto de nitruración no puede ser controlado.

Bajo ningún concepto pueden emplearse para el temple sales de combinación nitrato-nitrito que se usan en el tratamiento térmico hasta

temperaturas de austenitización de aproximadamente 950°C. Debido a las altas temperaturas a las que se calientan las piezas de acero rápido, en tal tipo de baño pueden producirse oxidaciones fuertes y llegar hasta la destrucción total de la pieza.

Los cloruros de Ba, Ca y Na se emplean en un horno de temple eléctrico o de gas. El baño debe ser renovado con sal fresca en cuanto se vuelva muy viscoso o comience a solidificarse.

En casos excepcionales también se puede usar sal de hidróxidos de Na y K que es más fácilmente lavable que la sal de cloruros de Na, Ca y Ba, siempre y cuando se pueda aceptar que la pieza adopte un color rojo-marrón y posea una superficie blanda.

Las piezas permanecen en el baño de temple por lo menos hasta que hayan adoptado la temperatura del baño. No importa si la permanencia es mayor. Luego se dejan endurecer al aire. Para ello no se deben apoyar en el piso o sobre una mesa, ya que de esta forma por enfriamiento demasiado rápido o unilateral, pueden aparecer fisuras, pudiéndose producir además oxidaciones superficiales por las sales adheridas que rápidamente absorben humedad ambiental. Lo que debe hacerse, en cambio, es dejar enfriar las piezas en un recipiente de hierro o aluminio colgándolas libremente, para conseguir así un enfriamiento uniforme sobre toda la superficie de la pieza y permitir que las sales adheridas, aún en estado líquido, puedan escurrirse. Después del enfriamiento total deben revenirse rápidamente. Si esto no es posible debe

efectuarse un lavado para eliminar toda sal adherida o almacenar las piezas a temperaturas de aproximadamente 150°C a 200°C para protegerlas contra la humedad ambiental. Un recubrimiento salino humedecido no sólo produce oxidaciones y decoloración de la superficie, sino también salpicaduras cuando se introduzca al baño de revenido.

## 5.7 REVENIDO

El revenido se realiza en el baño de cloruros de Ba, Ca y Na, generalmente durante dos veces consecutivas de media a una hora a 540-580°C, enfriando totalmente las piezas en cada etapa. Un acero rápido a la dureza necesaria no debe ablandarse por este proceso, por el contrario, tal vez aumentar su dureza en 1-3 grados Rockwell.

Aquellas piezas que por cualquier motivo hayan sido templadas a temperaturas menores que las prescritas para cada tipo de acero precisarán menores temperaturas de revenido, dado que si no se ablandarían. Sin embargo, tal tratamiento térmico solamente se da en casos excepcionales y fue aplicado frecuentemente solamente por el hecho de que a temperaturas de temple mayores y con las sales disponibles antiguamente se presentaba una descarburación inaceptable.

Para el revenido también pueden usarse hornos de circulación de aire forzada. Pero existe el peligro de una corrosión de las partes metálicas del horno, especialmente de las resistencias calefactoras, si de las cargas no han sido eliminados los últimos rastros de la sal. Ade-

más, al efectuar el revenido en este tipo de horno; se requieren tiempos considerablemente mayores, no se obtiene la uniformidad de temperatura de un baño de sales.

Para el revenido pueden utilizarse sales de nitrito-nitrato, como también hidróxidos de Na y K, sin embargo debe tenerse en cuenta que estos últimos atacan de alguna medida al acero rápido durante el revenido, por lo que se puede usar únicamente en aquellos casos en que se traten piezas que después son rectificadas totalmente o arenadas.

Durante el revenido en sales del tipo nitratos-nitritos las piezas toman un color azul-negro debido a una pequeña capa de oxidación que se deposita sobre ellas. Esta toma mejor aspecto cuanto más lisa y limpia haya estado la superficie de la pieza antes del revenido. Pero si esta sal se emplea a  $560^{\circ}\text{C}$  no pueden ser usados otros crisoles que no sean de acero refractario. Los crisoles de acero dulce son atacados a estas temperaturas por las sales de nitratos-nitritos.

La capa oscura de óxidos lograda con estas sales aumenta la resistencia a la corrosión y afecta favorablemente la vida útil de la herramienta.

Si se pretende cubrir con dicha capa a las piezas de acero rápido solamente para mejorar su aspecto, éstas deben ser armadas y rectificadas antes de este tratamiento. La temperatura para lograr un buen color azul-negro se encuentra aproximadamente en los  $500^{\circ}\text{C}$  y es es-

tablecida convenientemente mediante ensayos previos.

Todas las piezas de acero rápido que sean tratadas en sales de nitratos-nitratos deben ser limpiadas antes cuidadosamente, para eliminar todo resto de cloruros.

Luego del revenido, las piezas deben ser limpiadas de toda la sal adherida, esto se logra con agua corriente, sin adición de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  o fosfatos que dificultan la limpieza porque forman, con los restos de las sales de cloruros sustancias difícilmente solubles.

#### 5.8 TRATAMIENTO TERMICO EN BAÑOS DE SALES PARA ACEROS DE HERRAMIENTAS

Temperaturas de temple hasta  $950^\circ\text{C}$  como máximo.

Para el temple de herramientas se exige generalmente:

Ausencia de descarburación

Superficie limpia

Deformación mínima

Reproductibilidad de estructuras comprobadas

Para cumplir con lo anterior es necesario que la pieza a tratar no esté descarburada antes de empezar el tratamiento. Esto sucede frecuentemente en las limas que después del recocido es inevitable; además, el acero ya tiene desde la laminación una capa descarburada.

Ahora, si después del recocido no se esmerila la superficie suficiente - mente, esta misma superficie descarburada vuelve a aparecer más tarde en los filos de los dientes de la lima. En vista de que piezas en estas condiciones no podrán ser templadas en forma intachable. Debido a esto las piezas deberán ser esmeriladas después del recocido, habrá que comprobar, por ensayos hechos al azar y por examen metalográfico, si se ha esmerilado bastante. Aquellas herramientas que serán torneadas o fresadas posteriormente, deben estar hechas de un material con suficiente sobremedida para que la superficie pueda ser eliminada con toda seguridad.

Para el temple, las piezas deben calentarse en un baño no cementante. Como por ejemplo cloruros de Ba, K y Na y cloruro de potasio con carbonato de sodio.

Antes de meter las piezas en el baño de sal, éstas deben ser precalentadas perfectamente. El precalentamiento se efectúa, tal como es usual en hornos calentados a gas o petróleo y en la antecámara calentada por los gases de escape del horno del crisol. Donde se trabaja con hornos eléctricos, deben proveerse de cámaras de precalentamiento calentadas separadamente u hornos de mufla.

El precalentamiento debe llevar la temperatura máxima posible, pero no tan alta que se produzcan escamas de óxido. No deberán pasarse los 400°C a los 500°C como máximo. La suspensión de las piezas se

hace de la forma acostumbrada en canastillas, en alambres u otros dispositivos.

La temperatura de temple que se aplicará depende de la fusión y del análisis del acero. Es conveniente comprobar las temperaturas indicadas para las acerías en una probeta, pues puede ser que hayan sido determinadas bajo condiciones distintas. Un calentamiento demasiado largo lleva a la formación de un grano muy grueso, a la deformación y a la rotura de la pieza.

En aceros al cromo debe tomarse en cuenta que los carburos de cromo que contienen son de más difícil disolución que los carburos de aceros no aleados.

Los aceros al cromo exigen un calentamiento más prolongado que los aceros no aleados. En muchos casos los aceros al cromo son de difícil temple, aunque se mantengan las temperaturas indicadas, pues para la determinación de estas temperaturas de temple, se usan generalmente probetas recocidas bajo condiciones ideales, calentadas durante largo tiempo en un horno de mufla y enfriadas bruscamente en un medio especialmente apropiado. En estos casos es conveniente proceder de tal modo que se enfríen bruscamente las piezas desde una temperatura de 20 hasta la máxima de 40°C, dejándolas primeramente enfriarse al aire o en el baño caliente y solamente para evitar grietas, recociéndolas en seguida durante corto tiempo.

Después de este tratamiento pueden templarse, sin más precauciones, desde la temperatura más baja de temple.

Para el enfriamiento brusco se emplea el medio de enfriamiento más suave posible que dé el resultado. Debe evitarse en lo posible el temple al aire, en donde se desea una superficie limpia. Por lo que los aceros templables en aceite deberán ser enfriados en baño caliente.

El agua común no es recomendable para el temple de aceros de herramientas, porque tiende mucho a la formación de burbujas de vapor y de manchas blandas. En su lugar se emplea una solución de sal de cocina en agua, con una concentración del 10 hasta el 15%, a la cual se le agrega, para la fijación del oxígeno disuelto en agua, desde 1 hasta 3% de NaCN. Las piezas templadas serán entonces más brillantes y de dureza más regular.

Dejando las piezas delicadas de acero templable en agua, hasta su total enfriamiento en el agua salada, éstas se agrietarán con mucha probabilidad. Para evitar esto se meten estas piezas solamente durante un corto tiempo y moviéndolas fuertemente en el agua salada y en seguida se sumergen en aceite mineral o en el baño caliente de 200°C. De esta forma se evitará la formación de grietas y la deformación.

Los aceros templables en agua pueden templarse también, con espesores de pared pequeños (menores de 5 mm.) en solución de nitritos-nitratos, a 80°C en el baño caliente a aproximadamente 180°C.



Inmediatamente después del temple, las piezas deben ser revenidas o recocidas (para eliminar tensiones). El revenido se efectuará a temperaturas lo más altas posibles, pero no tan altas que la dureza pueda disminuir en forma peligrosa. Los aceros templables en agua se revienen a aproximadamente 180 hasta los 220°C, los aceros templables en aceite a 250°C y más; los aceros templables al aire a temperaturas aún mayores.

Para la limpieza posterior y la protección anticorrosiva de los aceros de herramientas tratados se procede de la misma forma que para los aceros de cementación.

## CAPITULO VI

6. MEDIDAS DE SEGURIDAD PARA DESINTOXICACION DE  
CIANUROS POR EL USO DE SALES

## 6.1 DESINTOXICACION DE AGUAS RESIDUALES.

Se deberán desintoxicar:

- 1) Todas las sales residuales que contengan cianuro, ya sean las que se retiran de los baños del templado, así como también las que provienen del barrido del piso.
- 2) Agua de temple, donde se enfrían las piezas que provienen de los baños que contengan cianuro.
- 3) Agua de lavado de dichas piezas.

Por lo general no se desintoxican:

Todas las demás sales, en especial las provenientes del barro de los baños calientes, aunque en ellos se hayan templado piezas provenientes de baños cianurados, ya que el cianuro es desintoxicado por completo al entrar en contacto con el salitre del baño caliente.

Es aconsejable trabajar de tal forma que desde un principio haya pocos desechos que contengan cianuros, ya sea provenientes de las aguas residuales, agua de temple o lavado. Por ese motivo se deberán aprovechar al máximo los baños de cianuros para no tener que vertirlos al de-

sagüe.

Todas las piezas provenientes de los baños de cianuros se deberán templar en baño caliente y en caso de tener que templar en agua, agregarle a la misma 10-15% de la sal común; esta salmuera se deberá desintoxicar en forma esporádica.

Además hay que tener en cuenta el lugar al cual se arrojan las aguas desintoxicadas. Por lo general existen dos posibilidades: una, a ríos y riachuelos, y la otra, a decantadores privados o públicos.

La desintoxicación de las soluciones cianuradas se puede efectuar fundamentalmente con sulfato de hierro, hipoclorito de sodio y cloro gaseoso. Por la formación posterior de impurezas -combinaciones de hierro- no se permite, por lo general, la desintoxicación de las aguas residuales. Tampoco puede ser empleado en caso de tener que desintoxicar las aguas residuales de galvánicos, dado que contienen complejos metálicos cianurados.

La desintoxicación por hipoclorito de sodio o cloro gaseoso se puede realizar en forma automática.

Cuando existan aguas residuales provenientes de los baños galvánicos y el contenido de cianuro en las aguas de temple y en las aguas residuales es muy escaso, no se justifica la instalación de una planta automática.

## 6.2 FUNDAMENTOS QUIMICOS PARA LA DESINTOXICACION CON HIPOCLORITO DE SODIO.

La desintoxicación de lejía de blanqueo (hipoclorito de sodio), se basa en que el cianuro disuelto en el agua es oxidado y desintoxicado a cianato de sodio por medio del hipoclorito de sodio, según la reacción:



El problema consiste entonces en almacenar en una fosa revestida de ladrillos todas las aguas residuales que contengan cianuros, como así también disolver en ellas todos los restos de sales sólidas, agregando la cantidad de hipoclorito de sodio que fuere necesaria para transformar el cianuro de cianato, hasta entonces se podrán mandar al desagüe estas aguas.

## 6.3 PLANTA DE DESINTOXICACION.

La planta de desintoxicación con hipoclorito de sodio consta de:

- 1) Un foso revestido de ladrillos, cuyo tamaño depende de la cantidad de agua residual que se desecha. En la planta donde se desintoxican solamente aguas residuales, se podrá realizar diariamente una desintoxicación, siendo la capacidad del foso lo suficiente para dar cabida a dichas aguas residuales.

En cambio en una planta en la cual hay que desintoxicar a su vez

las sales residuales, se podrá realizar sólo dos desintoxicaciones semanales, dado que las sales necesitan algún tiempo para su disolución, debiendo ser la capacidad del foso tal que pueda contener el agua y las sales residuales acumuladas durante tres días de trabajo.

En general sería suficiente instalar en los talleres de templado plantas de desintoxicación con fosos de 2 y como máximo 3 metros cúbicos de capacidad.

Los fosos podrán construirse de hormigón, no pudiendo instalarse válvulas de descarga, dado que las mismas se tapan con facilidad dejando pasar las aguas sin desintoxicar el canal.

El desagüe deberá efectuarse por medio de una bomba adecuada para extraer barros y aguas sucias. La capacidad de la bomba no necesita ser muy elevada, dado que para el vaciado se cuenta con suficiente tiempo. La bomba que se adaptaría sería del tipo sumergida con motor eléctrico acoplado. Es importante tener en cuenta que el material a emplear para construir la bomba debe ser hierro o fundición gris y no metales no ferrosos, que son atacados rápidamente por el agua cianurada.

En el caso de tener que disolver restos de sales, éstas deben ser colocadas en un cesto de chapa perforada, el cual se cuelga en el foso. Las sales se rompen en trozos del tamaño de un puño, ya que pedazos más grandes se disuelven igualmente despacio porque se amontonan.

Es importante tener en cuenta que la disolución de las sales, así

como la desintoxicación de las mismas, no se puede realizar sin una agitación enérgica y en un tiempo prudente. Como agitador se puede usar en principio la bomba, si se coloca de tal forma que el agua sea conducida sobre el cesto que contiene los restos de sales.

En las plantas con tanque de desintoxicación de  $2 \text{ m}^3$  o más de capacidad, se aconseja usar un agitador de hélice o a rotor centrífugo. Tampoco aquí pueden usarse metales no ferrosos sino de acero o de fundición gris.

La hélice del agitador se halla siempre expuesta a desgaste, por lo que deberá ser reemplazada periódicamente.

Plantas muy pequeñas también pueden funcionar sin ser accionado el agitador y bomba por medio de un motor eléctrico, siempre que se cuente con aire comprimido.

Entonces se agita por medio del aire comprimido y se envía con una bomba-accionada por aire comprimido- al canal del desagüe. Estas instalaciones son especialmente aconsejables cuando el tanque de desintoxicación no es mayor de  $1 \text{ m}^3$  y no hay que desintoxicar grandes cantidades de sales residuales, cuya disolución exige mucho tiempo y, por consiguiente, gran cantidad de aire comprimido.

2) Un tanque de almacenaje para hipoclorito de sodio.

La lejía de blanqueo se obtiene en garrafas de vidrio. Se le puede

echar directamente de la garrafa a la solución a desintoxicar. Se emplea para ello un sifón de caño de plástico y un recipiente graduado del mismo material.

Plantas con un tanque de desintoxicación de una capacidad superior a  $1 \text{ m}^3$ , se proveen con un tanque de almacenaje para el hipoclorito de sodio. Las garrafas serán vaciadas en el tanque de almacenaje por medio de un aparato volcador o de una pequeña bomba de material plástico.

El tanque de almacenaje puede ser construído de material cerámico o chapas de hierro. Los tanques de hierro serán protegidos en su interior con pintura anticorrosiva, evitando con ello el ataque a la chapa de hierro y la descomposición del hipoclorito de sodio.

La capacidad del tanque de almacenaje del hipoclorito de sodio será calculada lo suficientemente grande para recibir un envío de por ejemplo, 10 garrafas. Para medir la cantidad necesaria se puede instalar un flotador, cuyo indicador se desplace a una escala calibrada.

La planta debe ser instalada de tal forma, que sea imposible la entrada de aguas ácidas de cualquier parte del establecimiento, ya que la unión de aguas residuales con ácidos origina ácido cianhídrico, cuyo gran poder tóxico es conocido ampliamente.

Toda la planta será instalada en el exterior, con un enrejado para evitar accidentes. Al agregar hipoclorito de sodio pueden agregarse a veces pequeñas cantidades de gases lacrimógenos que irritan fuertemen-

te los ojos. Esto se puede evitar si se introduce lentamente el hipoclorito de sodio, por medio de un caño o manguera colocado a bastante profundidad, en el agua residual a desintoxicar. A su vez no es aconsejable instalar estas plantas cerca de las ventanas de las oficinas.

Si esto no se puede evitar o si se debe instalar en un sótano, se debe cubrir toda la instalación con una campana y chimenea, subsanando las molestias que ocasionan los gases lacrimógenos.

#### 6.4 ANALISIS DE LAS AGUAS RESIDUALES Y DOSIFICACION DE LOS ELEMENTOS DESINTOXICANTES.

Las aguas residuales, que se acumulan en el tanque de desintoxicación, deberán ser analizadas primeramente para conocer el contenido de cianuro en las mismas; esto puede variar mucho según las distintas formas de trabajo del taller. Para la determinación del contenido de cianuro se procede de la siguiente forma.

Primeramente se debe asegurar, por medio de una fuerte agitación, que las aguas residuales estén bien mezcladas y que las sólidas estén bien disueltas. Ya se hizo la salvedad de que en los baños activados no se originan soluciones límpidas, sino que se precipita un barro de carbonato de bario.

De la solución agitada correctamente se extraen  $100 \text{ cm}^3$  que se titulan con sulfato de níquel. A los  $100 \text{ cm}^3$  de aguas residuales medidos con pipeta o matraz aforado, se le agregan aproximadamente  $10 \text{ cm}^3$  de



amoníaco.

El agregado de carbonato de amonio no es necesario en este caso, como lo es en la titulación para la determinación de cianuro en los baños de sales.

Luego se añade tanta murexida o purpurato de amonio hasta obtener un franco color violeta. No es necesario filtrar la solución.

Después se añade de una bureta la solución de sulfato de níquel. El punto final de la titulación se produce cuando cambia la coloración de la solución del violeta al amarillo.

El contenido de cianuro, expresado en gramos de NaCN por litro, se obtiene cuando se divide por 10 el consumo de la solución de sulfato de níquel. Por ejemplo si se consumen 25 cm<sup>3</sup> de la solución de sulfato de níquel, la solución analizada contiene 2.5 g de NaCN por litro.

De la cantidad de sulfato de níquel gastado, se deduce la cantidad de hipoclorito de sodio necesaria para efectuar la desintoxicación con el siguiente cálculo:

$$\text{cm}^3 \text{ de sulfato de níquel} \times \frac{\text{volumen de la solución}}{\text{a desintoxicar en m}^3} = \text{litros de hipoclorito de sodio.}$$

Para efectuar el cálculo se consideró que el hipoclorito de sodio tiene 150 g. por litro de cloro activo. La cantidad de hipoclorito de sodio calculada de esta forma eleva el coeficiente de seguridad en un 10%.

## EJEMPLO:

Teniendo un volumen de  $1.5 \text{ m}^3$  de aguas residuales a desintoxicar y el resultado de la titulación indicó un consumo de  $10 \text{ cm}^3$  del sulfato de níquel, el cálculo de la cantidad de hipoclorito de sodio necesario será

$$10 \times 1.5 = 15 \text{ litros}$$

Una vez obtenida la cantidad adecuada de hipoclorito de sodio de acuerdo al cálculo anterior, se agrega éste al tanque de desintoxicación, ya sea desde el tanque de almacenaje o directamente de las garrafas. Una vez agregado el hipoclorito de sodio, se agita por espacio de dos horas, para luego comprobar la total desintoxicación.

Para determinar la concentración permitida de  $0.2 \text{ mg. de NaCN}$  por litro en la solución desintoxicada, es necesario un complicado análisis de laboratorio, no existiendo en muchos casos tales laboratorios por lo tanto se determina la desintoxicación realizada valorando el exceso de hipoclorito de sodio.

Con suficiente cantidad de líquido alcalino a desintoxicar, cosa que siempre ocurre con sales de temple, la oxidación del cianuro por medio del hipoclorito de sodio ocurre al cabo de poco tiempo, siempre que se agite con intensidad; se puede afirmar con seguridad que la desintoxicación se produjo por completo, si al cabo de dos horas de agitación se valora un exceso de hipoclorito de sodio.

El exceso de hipoclorito de sodio se comprueba mediante la decoloración de una sustancia. Para ello es muy apropiado el purpurato de amonio, ya que también se le emplea a éste como indicador en la titulación de los baños de cianuro con sulfato de níquel.

Para determinar si existe un exceso de hipoclorito de sodio se le agrega a una muestra filtrada del agua residual y se calienta el matraz Erlenmeyer de 30° a 50°C; con purpurato de amonio.

Si hay un exceso de hipoclorito de sodio, el colorante se descompone mientras se disuelve y el líquido queda incoloro. Si no hay exceso de hipoclorito de sodio el líquido se tiñe de rojo.

Si al efectuar el ensayo con purpurato de amonio se obtiene una coloración roja, es decir que no hay exceso de hipoclorito de sodio, se añade nuevamente un 10% de la cantidad agregada primeramente, volviéndose a agitar otra vez por espacio de dos horas, al cabo de las cuales se ensaya de la forma descrita anteriormente.

Si en el cambio al realizar el ensayo con purpurato de amonio se comprueba un exceso de hipoclorito de sodio, la solución se vierte directamente al desagüe.

El exceso de hipoclorito de sodio no actúa desfavorablemente, ya que al cabo de poco tiempo es consumido por las sustancias orgánicas que siempre existen en el desagüe.

Si los desagües conducen a ríos, con muchos peces, es aconsejable

vaciar el tanque de desintoxicación en forma lenta, por espacio de varias horas, para evitar así la elevación del porcentaje de sales en las aguas.

Hoy en día se exige, por lo general, que el contenido de cianuro en las aguas residuales desintoxicadas no exceda de 0.1 a 0.2 mg. de HCN por litro.

En caso de tener que efectuar algún cálculo de conversión se debe tener en cuenta que: 27 mg. de ácido cianhídrico (HCN) corresponden a 49 mg. de NaCN o a 65 mg. de KCN.

#### 6.5 METODO PARA DETERMINAR CON EXACTITUD LA PRESENCIA DEL ACIDO CIANHIDRICO Y CIANURO EN LAS AGUAS RESIDUALES.

Este método está basado en la titulación del cianuro con solución de nitrato de plata.

Dada la baja concentración del cianuro, se requiere una solución de nitrato de plata ( $\text{AgNO}_3$ ) diluída. Se emplea una solución n/100. Esta solución contiene 1.7 mg. de  $\text{AgNO}_3$  por litro.

Esta solución se prepara de la siguiente forma:

En un matraz aforado de 1 litro se coloca la cantidad de nitrato de plata indicada anteriormente, a la cual se le agrega 1 litro de agua destilada para su disolución.

1 ml. de esta solución equivale a 0.54 mg. de HCN.

El punto final de la titulación de cianuro con nitrato de plata se determina por enturbiamiento.

Mientras exista cianuro en la solución, se formará el compuesto soluble de cianuro de plata y de sodio y una vez consumido el cianuro; se precipitará el cianuro de plata no soluble.

Por lo general se acentúa el punto final por el agregado del yoduro de potasio como indicador.

Se forma entonces en lugar de cianuro de plata, que es muy poco soluble, yoduro de plata, observándose con mayor nitidez el enturbiamiento.

Al titular soluciones de tan baja concentración, existe siempre la dificultad de no poder reconocer con suficiente claridad el punto final.

Se ha demostrado entonces que es posible iluminar el líquido de la titulación con luz de onda corta.

Al exponer la solución de las partículas finamente decantadas de yoduro de plata a los efectos de los rayos de onda corta, en el punto final de la titulación se tiene la impresión que la solución brilla con un color azul. Como fuente para poder obtener la luz de rayos de onda corta, se puede emplear muy bien la lámpara de vapor de mercurio.

A continuación se detalla la determinación de cianuro:

De las aguas residuales más o menos desintoxicadas se extraen del tanque -después de una buena agitación- 400 ml. que se colocan en un matraz aforado de 500 ml. Luego se agrega a la solución 25 ml. del indicador, que se prepara con los siguientes componentes:

Agua destilada	1000 ml.
Sosa cáustica	100 g.
Acetato de plomo	15 g.
Yoduro de potasio	6 g.

El agregado del indicador no solamente tiene por objeto determinar el final de la reacción, sino que también debe anular la acción del azufre, que podrían contener las aguas residuales y que resulta molesta en la titulación.

Se completa el matraz con agua destilada, y luego se agita bien. Se filtra la solución que se vierte a un vaso de precipitado limpio y transparente. La solución debe ser perfectamente limpia y sin enturbiamiento. La lámpara de vapor de mercurio se coloca cerca y al costado del vaso de precipitado y se observa la solución desde un ángulo de  $90^\circ$  con respecto al haz de luz.

El fondo se cubrirá con un cartón negro, se aconseja efectuar la titulación con poca luz en el ambiente.

A la solución a analizar se la deja gotear de una bureta calibrada de 1/50 ml. la solución indicada anteriormente de n/100 de plata, agitando continuamente con una varilla de vidrio, aunque mejor sería emplear agitador magnético.

Se observa entonces, que cada gota de  $\text{AgNO}_3$  que cae origina de inmediato un enturbiamiento azul brillante, que se disuelve de inmediato. El fin de la titulación se conoce cuando la solución presente un enturbiamiento azulino brillante que persiste aún al agitar.

Como la solución titulada de 80 ml. de aguas residuales y 1 ml. de la solución n/100 de  $\text{AgNO}_3$  corresponden a 0.54 mg. de HCN, se establece con ésta que:

1 ml. de la solución de  $\text{AgNO}_3$  corresponde a 6.8 mg. de HCN por litro en las aguas residuales.

Como se puede titular sin dificultad, y con una exactitud de 1/50 ml., por consiguiente se determina un contenido de 0.2 mg/litro de HCN.

Si se requiere aún una mayor sensibilidad, se puede titular el doble de la cantidad de solución, correspondiendo entonces 1 ml. de solución de plata a 3.4 HCN/litro.

Cabe señalar, además que es conveniente colocar un visor con ranura delante de la lámpara de onda corta y trabajar en un ambiente oscuro, ya que en el caso de que la solución tenga una coloración amarilla por cualquier causa, no se puede determinar perfectamente el punto final de

esta titulación.

#### 6.6 NORMAS DE PRECAUCION.

El hipoclorito de sodio es muy cáustico y actúa sobre las sustancias orgánicas, generando calor en la oxidación.

Con el manipuleo de hipoclorito de sodio se deben usar anteojos de protección.

Evitar que se humedezcan las ropas con hipoclorito de sodio, ya que se produce un elevado calor de oxidación, que origina quemaduras en la piel.



A P E N D I C E  
\*\*\*\*\*

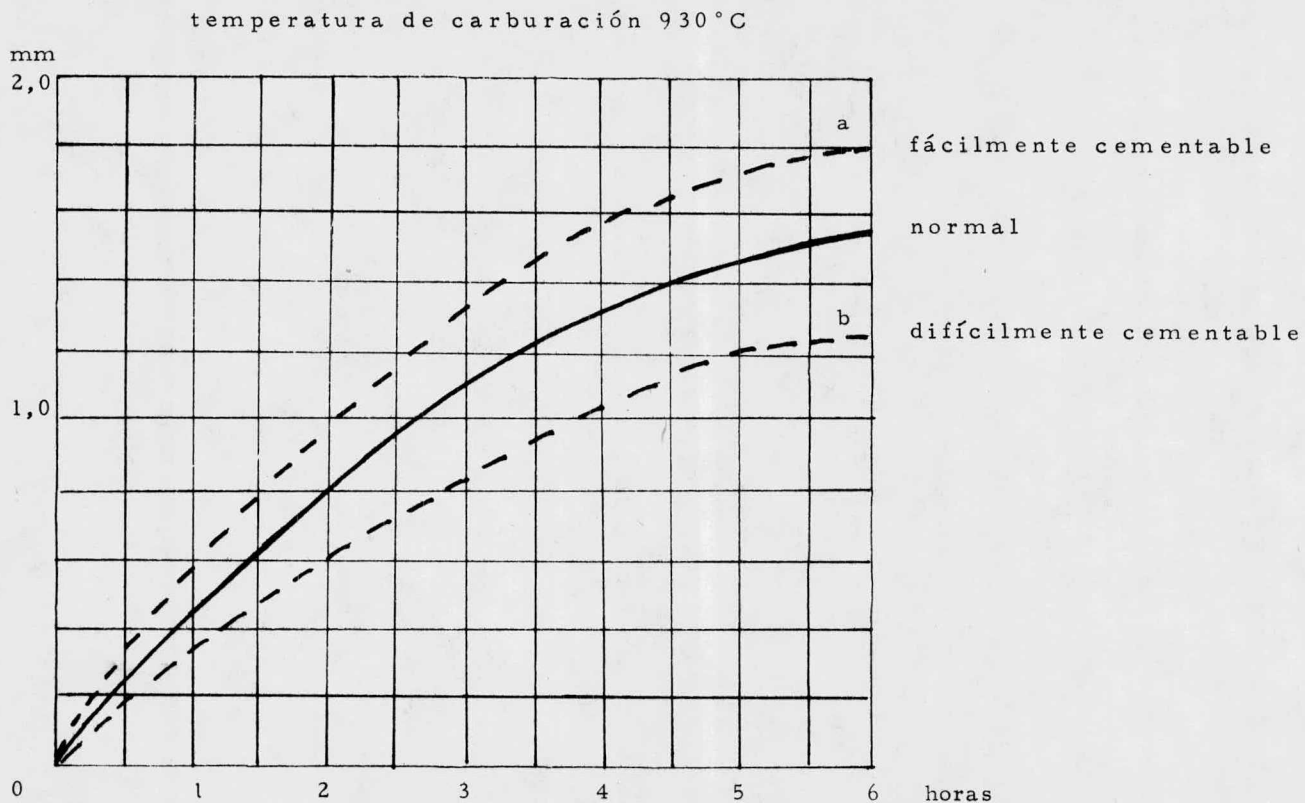


Fig. 1 Dependencia de la profundidad de carburación del tiempo de carburación, usando baños de carburación activados.

temperatura de carburación 930°C

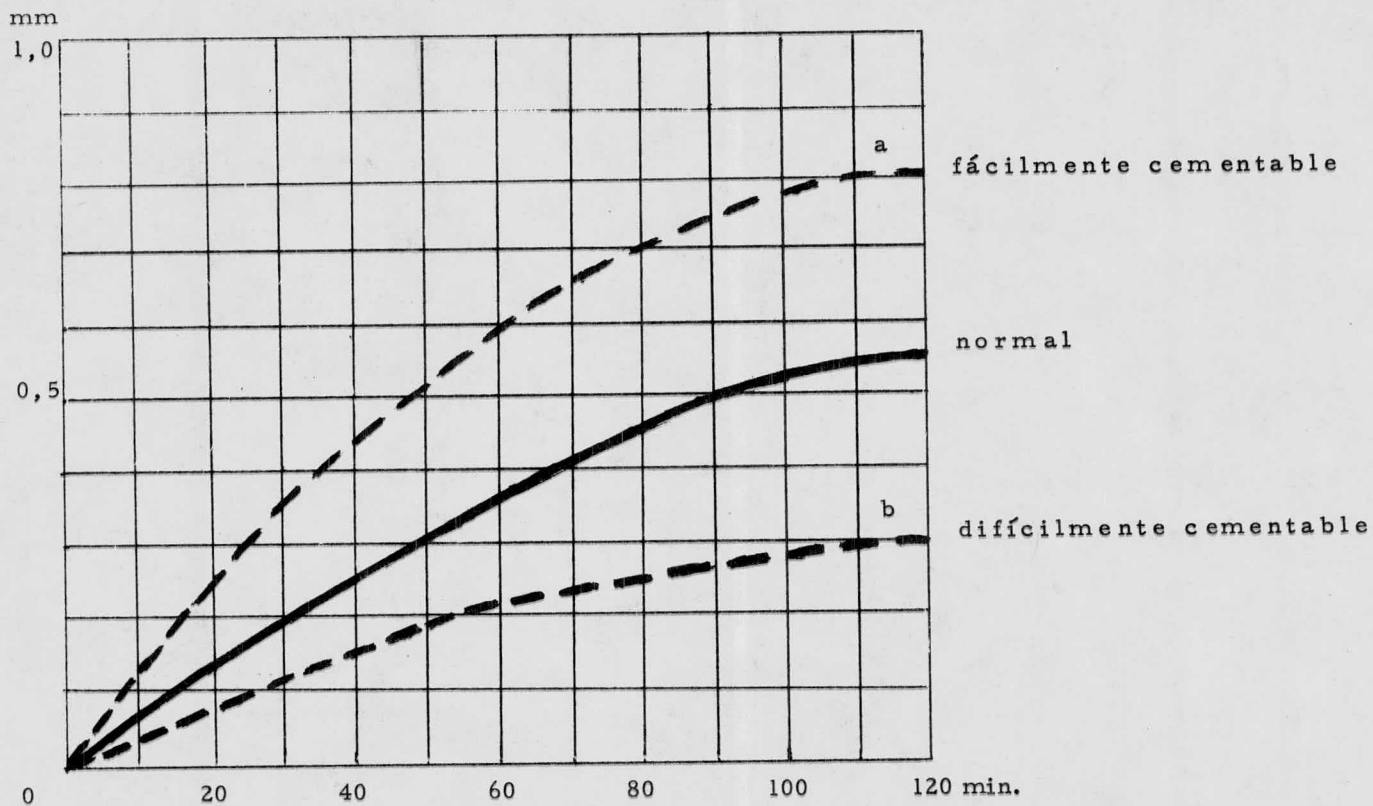


Fig. 2 Dependencia de la profundidad de carburación del tiempo de carburación usando baños de carburación no activados.

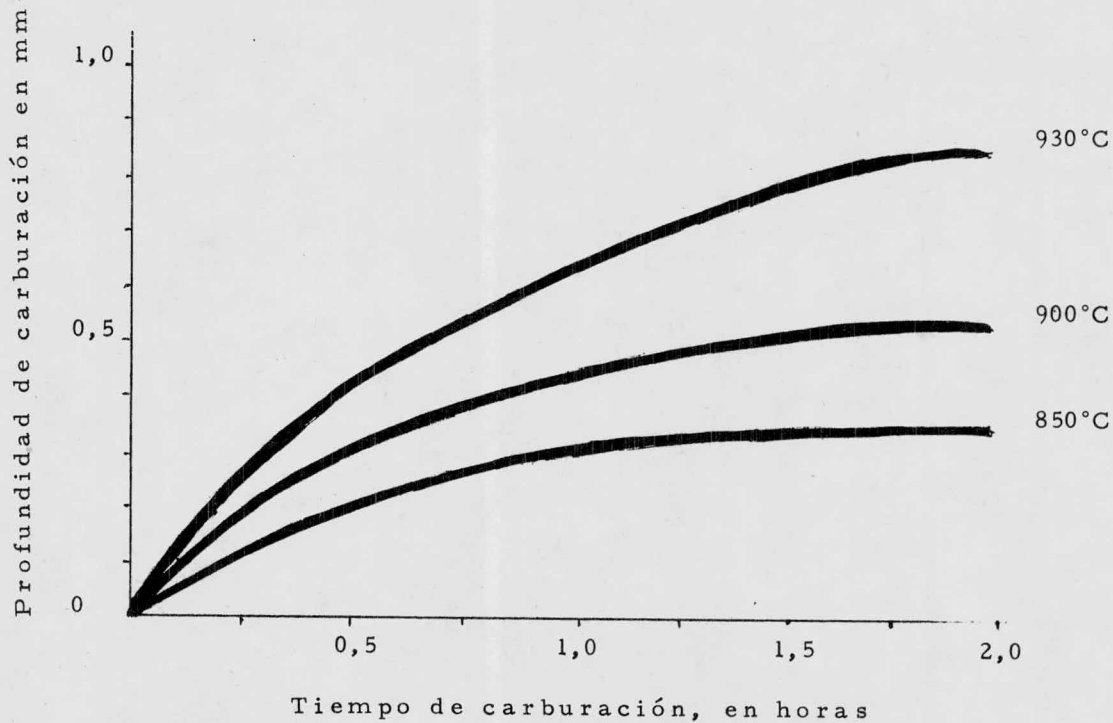


Fig. 3 Profundidad de carburación en dependencia del tiempo de carburación con distintas temperaturas, usando acero de cementación de fácil penetración del carbono.

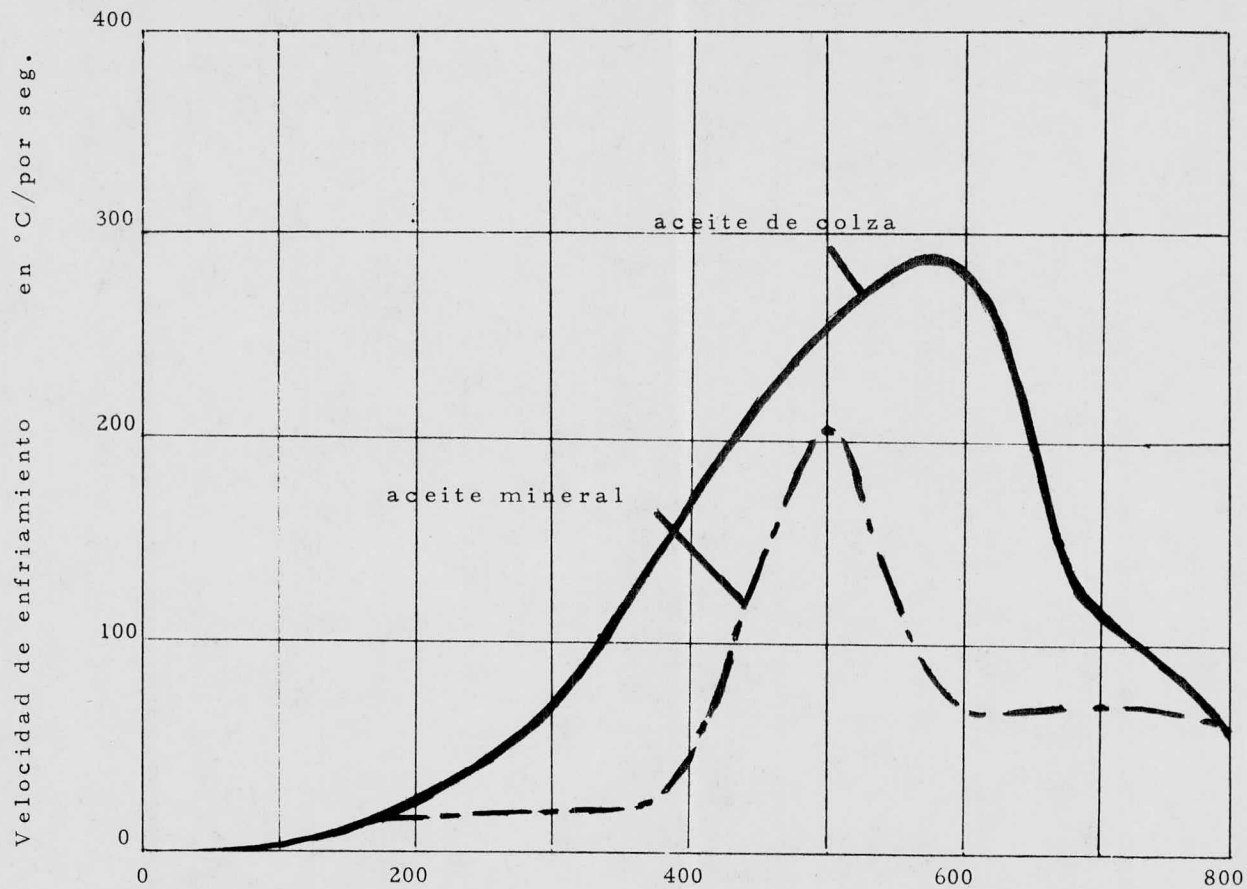


Fig. 4 Poder de enfriamiento de aceite de colza de 20°C y de un aceite mineral de 40°C (bolita de plata de 20 mm.)\*

\* Detallado al final del Apéndice.

Referencia No. 9

temperatura del baño

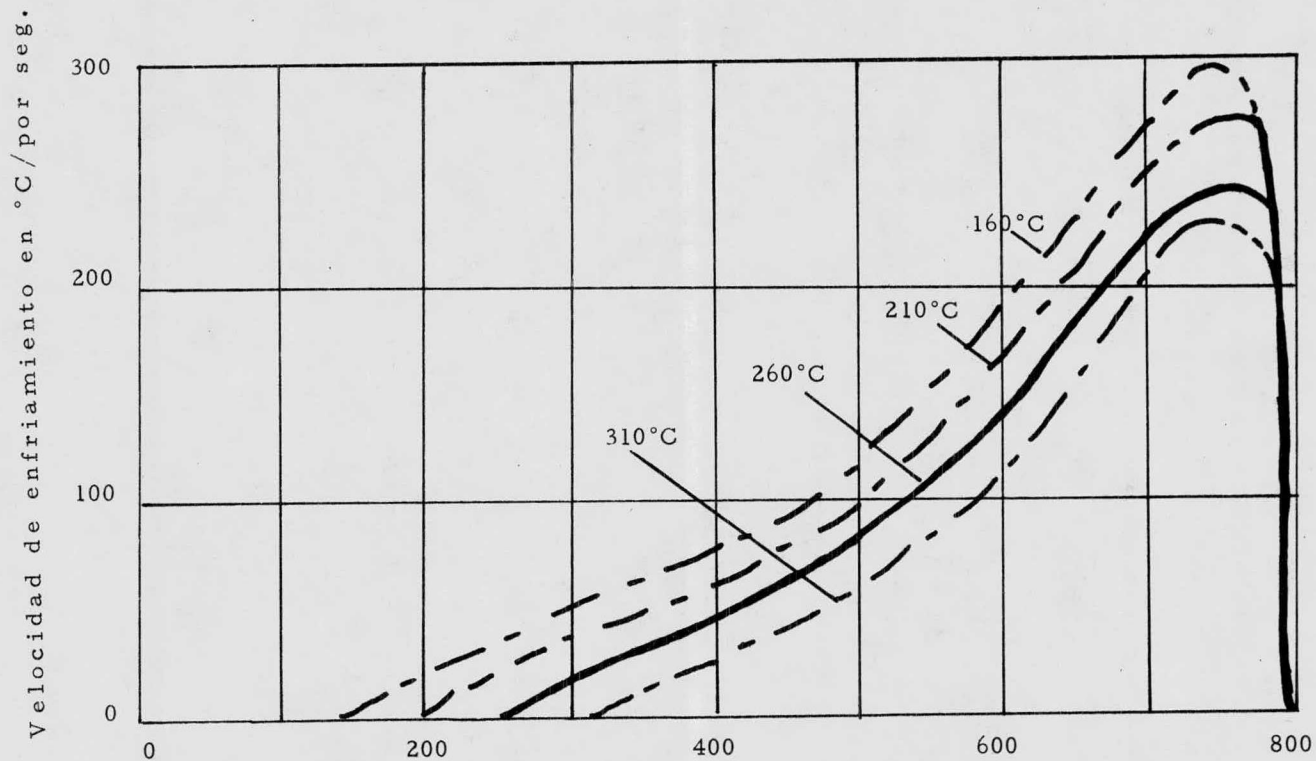


Fig. 5 Poder de enfriamiento de un baño de sal de nitratos con las temperaturas del baño de 160, 210, 260 y 310°C (bolita de plata de 20 mm.)\* Referencia No. 9

\* Detallado al final del Apéndice.

tiempo  
en seg.

280

240

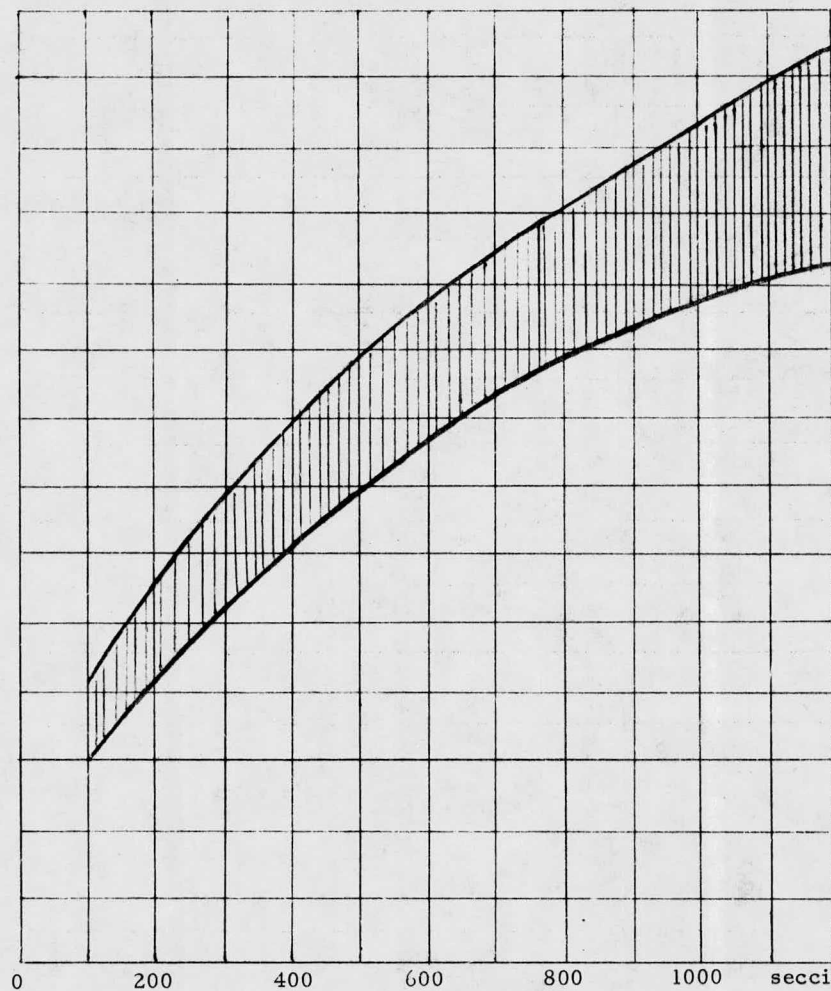
200

160

120

80

40



aceros con 18% W

otros aceros rápidos

acero con 5% Mo

Fig. 6 Duración de inmersión de aceros rápidos para el temple de cortes transversales cuadrados.

120.  
tiempo  
en seg.

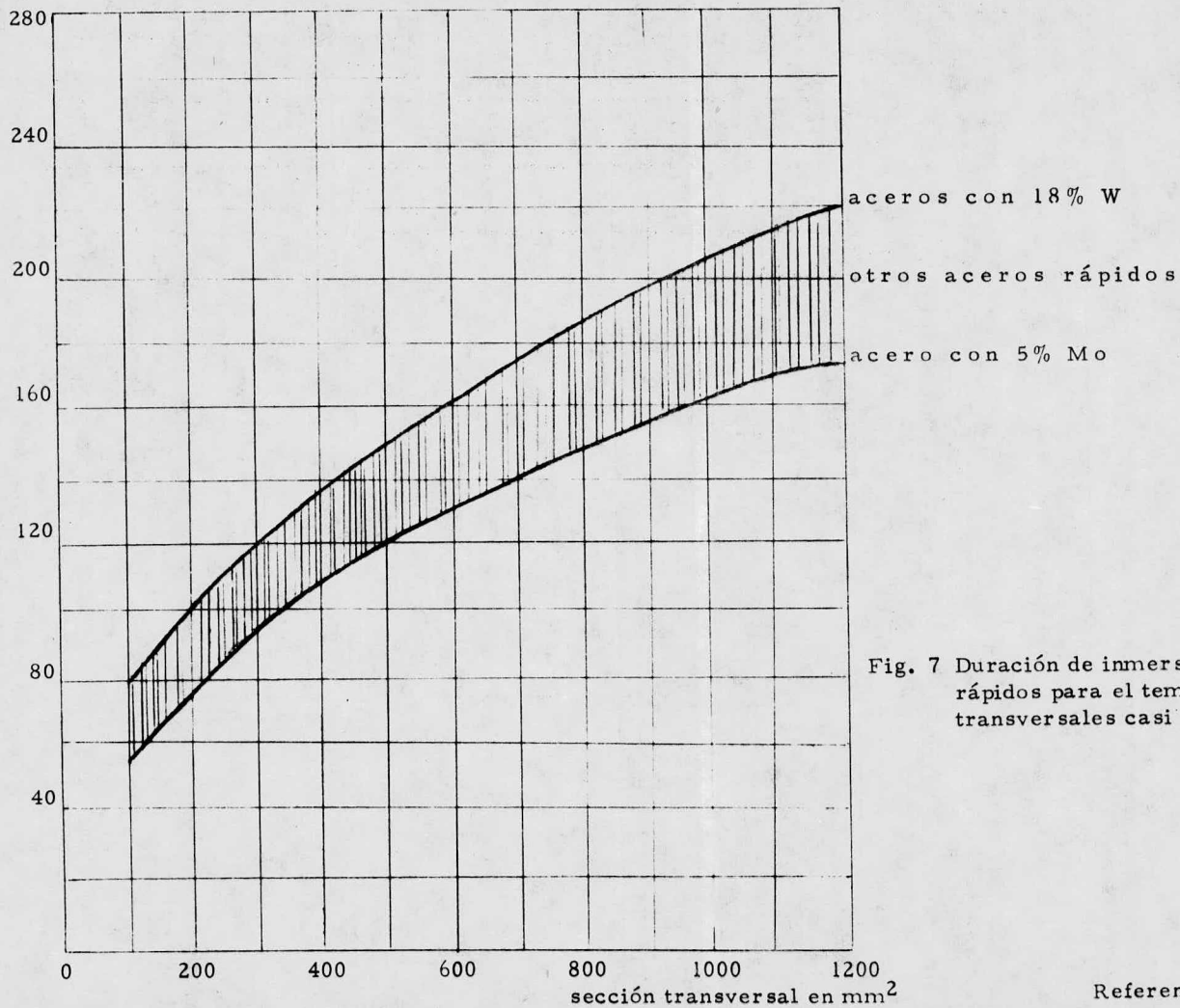


Fig. 7 Duración de inmersión de aceros rápidos para el temple de cortes transversales casi cuadrados.



### METODO DE BOLITA DE PLATA

Para hacer mejor la compresión de las curvas se hace notar que las temperaturas fueron medidas en una esfera de plata que, calentada en un horno eléctrico, se enfrió en baños de sal a diferentes temperaturas, con diferente movimiento del baño y con diferente contenido de agua. La temperatura se midió por medio de un termoelemento sujeto a la esfera de plata, y se registró por medio de un instrumento de registro rápido.

## RECOMENDACIONES

- 1) Las sales a base de cianuros (baños no activados) se recomiendan para tratamiento térmico a piezas que no van a sufrir rectificación posterior. (Ver Capítulo II).
- 2) Las sales de mezclas de cianuros con cloruros sí se pueden usar para tratar piezas que serán rectificadas posteriormente (Capítulo II) siendo estas sales para baños activados.
- 3) Las sales hechas a base de cloruros se utilizan para precalentamiento de acero rápido (Capítulo V) o para temple de piezas con temperaturas de temple no mayores de 950°C.
- 4) Para enfriamientos isotérmicos se pueden usar sales a base de cloruros o mezclas de nitratos (Capítulos III y IV).
- 5) Para temple de aceros rápidos deben usarse baños neutros a base de cloruros-fluoruros y para sus enfriamientos isotérmicos lo mismo que el inciso anterior (Capítulo V).
- 6) Es importante no pasar piezas de un baño de cianuros a un baño de nitratos-nitritos directamente o cuando vengan de un baño de cloruros con un contenido mayor del 10% de NaCN.
- 7) Para controlar los baños activados es necesario por medio de titulación volumétrica, para los baños no activados y baños neutros se

pueden controlar por medio del método de las láminas (Capítulo II).

### Otras Recomendaciones

- 1) En almacenamiento de las sales es necesario identificar perfectamente las sales para evitar envenenamientos y explosiones.
- 2) Deben guardarse en lugares en donde sólo tenga acceso el personal responsable del uso de éstas.
- 3) Estos lugares deben estar libres de humedad y de materiales contaminantes.
- 4) En los talleres de tratamientos térmicos no deben tomar ninguna clase de bebidas ni ingerir alimentos, sí en cambio deben tener un botiquín de primeros auxilios para contrarrestar envenenamientos dado que estas sales son muy nocivas tanto en las vías respiratorias como en las digestivas.
- 5) Es necesario tener un sistema de extracción adecuado, así como un sistema de desintoxicación de aguas residuales cianuradas.

## COMPOSICIONES APROXIMADAS DE SALES

## PARA TRATAMIENTOS TERMICOS

<u>Tratamiento</u>		<u>Temperatura de Trabajo Recomendable</u>
1. Carbonitruración		
a)	NaCN            50% KCN             50%	600 a 800°C
b)	NaCN            90% Carbón          10%	600 - 800°C
2. Cementación		
a)	NaCN            25% Ca(CN) <sub>2</sub> 5% CaCl <sub>2</sub> 70%	650 - 840°C
b)	NaCN            30% BaCl <sub>2</sub> 50% NaCl             20%	750 - 930°C
c)	BaCl <sub>2</sub> 70 - 85% NaCO <sub>3</sub> 10% NaCl             5 - 10%	730 - 940°C
3. Recocido		
a)	CaCl <sub>2</sub> 60% BaCl <sub>2</sub> 25% NaCl             15%	500 - 800°C
b)	BaCl <sub>2</sub> 60% KCl              20% NaCl             20%	600 - 950°C
4. Temple en baño caliente o Martempering		
a)	KNO <sub>3</sub> 50 - 60% NaNO <sub>2</sub> 50 - 30% NaNO <sub>3</sub> 0 - 10%	250 - 450°C

BIBLIOGRAFIA

1. Aceros de Llodio, S. A. Aceros de Cementación. Ediciones Alcano, 1975.
2. American Society for Metals. Carburizing and Carbonitriding. Butterworths, 1977.
3. Apraiz Barreiro, José. Tratamientos Térmicos de los Aceros. Editorial Dossat, 1972.
4. Burton, Mallom S. Applied Metallurgy for Engineers. Cornell University, 1956.
5. Chaussin, C. y Hilly, G. Aleaciones Metálicas. Editorial Urmo, 1971.
6. Frier, W. T. Elementary Metallurgy, 2nd. edition. Instructor in Metallurgy, Penn. 1952.
7. Magannon, Harold E. The Making, Shaping and Treating of Steel. U. S. Steel Corp. 1971.
8. Metals Handbook. Vol. 2. Heat Treating, Cleaning and Finishing.
9. Müller, Johannes y Eysell, F.W. Manual del Temple. G. B. Durferrit, 1975. (\*)
10. Subbarao, E.C. Experiments in Material Science. Mc Graw Hill. 1972.
11. Wilson, Robert. Metallurgy and Heat Treatment of Tool Steels. Mc Graw-Hill Book Co. 1975.

(\*) Literatura usada para elaborar este Manual de Temple:

P. Goerens, Einführung in die Metallographie, Verlag W. Knapp, Halle (S), 1968.

W. Haufe, Schnellstähle und ihre Wärmebehandlung, Carl Hanser-Verlag, München, 1971.

W. Haufe, Werkzeugstähle und ihre Wärmebehandlung, C.F. Winter'sche Verlagsbuchhandlung, Füssen.

E. Houdremont, Handbuch der Sonderstahlkunde, Springer, Berlin, 1973.

F. Rapatz, Die Edelstähle, Springer, Berlin, 1971.

L. Scheer, Was ist Stahl?, Springer, Berlin, 1972.

Stahleisen-Liste, Verlag Stahleisen, Düsseldorf.

Werkstoffblätter des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute, Verlag Stahleisen, Düsseldorf.

Werkstoff-Handbuch Stahl und Eisen, Verlag Stahleisen, Düsseldorf.

Werkstoffnormen Stahl und Eisen, DIN-Taschenbuch 4, Beuth-Vertrieb, Berlin.

Archiv für das Eisenhüttenwesen, Verlag Stahleisen, Düsseldorf.

Härterei-Technische Mitteilungen, herausgegeben von P. Riebensahm, Verlag Das Industriblatt Stuttgart.

Stahl und Eisen, Verlag Stahleisen, Düsseldorf.

Este Trabajo se imprimió en los Talleres  
Gráficos de Guadarrama Impresores, S. A.  
Av. Cuauhtémoc 1201, Col. Vértiz Narvarte,  
México 13, D. F., Tel. 559 22 77, con 3 líneas.