

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Quimica



②
235

CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE FABRICACION DE HIERRO NODULAR OBTENIDO EN HORNO DE CUBILOTE

ROBERTO MIRANDA NAVARRO
INGENIERO QUIMICO METALURGICO

Mexico D.F.

1979



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.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

CLAS TESIS 1979
ABO 11-7
• ECHA 236
FRSO _____
VIA _____



JURADO ASIGNADO
ORIGINALMENTE
SEGUN EL TEMA:

PRESIDENTE: KURT NADLER G.
VOCAL: FERNANDO MALDONADO M.
SECRETARIO: JOSE CAMPOS CAUDILLO
1o. SUPLENTE: MA. EUGENIA NOGUEZ A.
2o. SUPLENTE: HUMBERTO MALAGON R.

SITIO DONDE SE
DESARROLLO EL
TEMA:

INGENIERIA EN PROCESOS DEL HIERRO,S.A.

NOMBRE COMPLETO Y
FIRMA DEL SUSTEN-
TANTE:

ROBERTO MIRANDA NAVARRO

NOMBRE COMPLETO Y
FIRMA DEL ASESOR
DEL TEMA:

JOSE CAMPOS CAUDILLO

CON CARINO Y AGRADECIMIENTO A MI PADRE A QUIEN

TANTO QUIERO Y ADMIRO

GRACIAS PAPA

A MI ESPOSA

A MI HERMANA LILIA QUIEN COOPERO PARA LA
REALIZACION DE MI TESIS

CAPITULO I	INTRODUCCION
CAPITULO II	DESCRIPCION DEL PROCESO DE OBTENCION DEL HIERRO NODULAR.
CAPITULO III	CONTROL DE MATERIAS PRIMAS
	A) CONTROL DE ARRABIO
	B) CONTROL DE CHATARRAS
	- HIERRO GRIS
	- ACERO
	C) COQUE
	D) CALIZA
	E) MUESTREO DE FERROALEACIONES PARA LA DETERMINACION DE SU COMPOSICION QUIMICA.
CAPITULO IV	CONTROL DE CALIDAD DEL METAL BASE
	A) POR MEDIO DE CUÑAS (EMPIRICO)
	B) POR ANALISIS QUIMICO
	C) POR ANALISIS METALOGRAFICO
CAPITULO V	CONTROL DE CALIDAD DEL HIERRO NODULAR OBTENIDO.
	A) POR MEDIO DE CUÑAS
	B) POR ANALISIS QUIMICO
	C) POR ANALISIS METALOGRAFICO
	D) PRUEBAS MECANICAS (DUREZA, TRACCION, ALARG)
CAPITULO VI	CONCLUSIONES.
BIBLIOGRAFIA.	

CAPITULO I

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

Hasta la fecha se han llevado a cabo muchos estudios, reportajes y trabajos acerca de la fabricación del Hierro Nodular, por muy diversos métodos, mostrándonos ventajas y desventajas de los mismos, así como la importancia que tiene este material dentro de la industria o bien, haciendo comparaciones con otros materiales; dando como resultado que hoy en día el Hierro Nodular ha substituído a muchos materiales, por lo tanto la gran demanda que tiene, tanto por sus propiedades físicas y mecánicas, así como el de la economía del mismo, lo cual nos ha llevado a la necesidad de obtener mejor calidad al menor precio posible, siendo ésto lo que nos ha obligado ahora a no estudiar ya un método más de obtención de este material, sino más bien a hacer un estudio de todos los factores que directa e indirectamente van a determinar la calidad del producto y no solo eso, sino que, como debemos controlar o bien modificarlos, de tal forma que podamos obtener día a día una mejor calidad.

El principal objetivo de este trabajo es el de crear un manual de control de calidad (que como su significado lo dice: "Hacer bien las cosas desde el principio") en la fabricación de Hierro Nodular en horno de cubilote.

CAPITULO II

DESCRIPCION DEL PROCESO DE OBTENCION DEL HIERRO NODULAR

En el año de 1948, Morrogh y Williams dieron a conocer sus trabajos sobre la obtención de fundición con grafito esferoidal que fabricaban directamente en bruto de fusión sin necesidad de tratamiento térmico posterior. La principal característica del proceso consistía en añadir ciertas cantidades de cerio a la fundición cuando se encontraba en estado líquido. Si después el cerio se añade, además, al baño de fundición una aleación grafitizante como el ferro-silicio o el sílico calcio, la proporción de carbono que aparece en forma esferoidal aumenta y se llega incluso a evitar totalmente la aparición de grafito laminar. De este modo se obtienen resistencias de 50 a 55 kg/mm² en barras de 30 mm de diámetro.

Las investigaciones de Gaguerin, Millis y Pilliny en 1949, condujeron a la fabricación de fundición con grafito esferoidal por medio de una adición de magnesio, siendo este proceso patentado por la "International Nickel Company" en Estados Unidos y por la "Mond Nickel Company" en Europa. En esas patentes se señala que debe quedar por lo menos 0.04% de magnesio en la fundición para conseguir que todo el grafito sea esferoidal, y para obtener a la vez la mejor combinación de características mecánicas, llegándose así a alcanzar directamente en bruto de colada unos 70 kg/mm² de resistencia a la tracción y 3% de alargamiento (Figs. 1, 2 y 3).

Esas características se pueden mejorar por tratamientos térmicos. El alargamiento aumenta por recocido y la resistencia y la combinación de características (resistencia, límite de elasticidad) mejoran por temple y revenido.

El proceso de fabricación y preconizado por Morrogh y Williams ha sido abandonado casi por completo, porque exigía ciertas condiciones de composición química muy precisas, que eran difíciles de cumplir.

PARA OBTENER CON ADICION DE CERIO BUENOS RESULTADOS, ES NECESARIO:

1. Que la fundición solidifique gris sin adicionarle cerio.
2. Deben emplearse fundiciones hipereutécticas.
3. Conviene utilizar contenidos en silicio superiores a 2.37%.
4. El porcentaje de azufre debe ser muy bajo y después del tratamiento -- debe quedar inferior a 0.02%
5. El contenido de fósforo no debe exceder de 0.6% siendo preferible que permanezca inferior a 0.100%.

Como la fabricación de la fundición esferoidal con magnesio no exige una composición química tan exacta y no es necesario que la fundición sea hipereutéctica, ni las limitaciones de silicio ni de fósforo son tan precisas, se comprende que en la actualidad sea mucho más empleado el magnesio que el cerio para producir fundiciones con grafito esferoidal.

FABRICACION DE FUNDICIONES CON GRAFITO ESFEROIDAL CON ADICIONES DE MAGNESIO.

Aunque con este método de fabricación se pueden emplear, como hemos dicho antes, fundiciones de composición muy variable, los mejores resultados se obtienen con porcentajes de carbono y de silicio algo superiores a los que generalmente se suelen emplear para las fundiciones ordinarias dedicadas a la fabricación de piezas para usos diversos. Se suele emplear por ejemplo C=3.5% y Si=2.5%. C+Si=6% con carbonos equivalentes de 4.4 a 4.7%, recomendándose los valores más altos para piezas delgadas y los valores bajos para las piezas gruesas.

La adición a la fundición líquida del magnesio o de otros elementos alcalinos o alcalinotérreos, por sus propiedades actúan como enérgicos desoxidantes, desulfurantes y estabilizadores de carburos, alteran el normal mecanismo de solidificación de la fundición, provocando la separación del grafito en forma esferoidal.

La microestructura de estas fundiciones en bruto suele estar constituida por esferoides de grafito rodeados por aureolas de ferrita sobre un fondo o matriz de perlita (Fig. 3).

Al estudiar con detalle el proceso, se vio que el magnesio, al ser adicionado al baño metálico, se combina rápidamente con el azufre si éste se halla en cantidades importantes en la fundición. Por ello conviene desulfurar bien la fundición para que el contenido en azufre de la fundición, en el momento de adicionar el magnesio sea inferior a 0.02%. Así la acción del magnesio será verdaderamente eficaz y no se empleará en cambio una gran parte del magnesio para desulfurar la fundición.

En la práctica normal para obtener el grafito esferoidal, es necesario, además de añadir magnesio en la forma y cantidad conveniente, adicionar también un elemento inoculante a la fundición. El magnesio, que en este proceso se considera como el agente que promueve la esferoidización, que en realidad si fuera el único elemento que se adicionara al baño daría lugar a la formación de una fundición y se comprende que su acción combinada con la de un inoculante es la que verdaderamente produce la esferoidización.

No conviene añadir el magnesio en forma metálica al baño de fundición, porque da lugar a una reacción violenta con desprendimiento de humos, proyecciones de metal y pérdida importante de magnesio. Normalmente el



Fig. No. 1

Microestructura de una fundición gris ordinaria en bruto, de colada. La probeta esta pulida y sin atacar. El grafito aparece en forma lamina laminar.

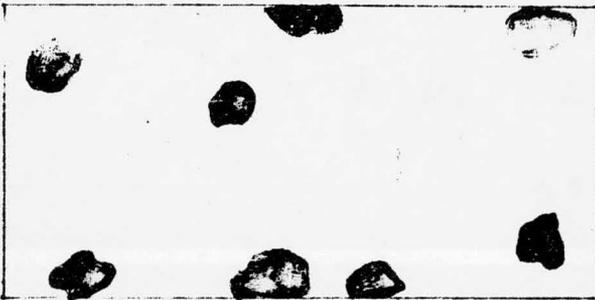


Fig. No. 2

La Probeta esta pulida sin atacar. Se observa el grafito en forma esferoidal.



Fig. no. 3

Se observan nódulos de grafito esferoidal rodeados de aureolas de ferrita sobre un fondo de perlita.

magnesio se añade en forma de aleaciones níquel-magnesio con 15% de magnesio aproximadamente, y a veces cobre-magnesio con 15 a 25% de magnesio.

En ocasiones, también se emplean aleaciones cuaternarias hierro-silicio--cobre-magnesio, o hierro-silicio-níquel-magnesio. Empleando estas dos últimas aleaciones no suele ser necesaria la adición posterior de ferrosilicio u otro inoculante.

Una práctica muy utilizada para la fabricación de fundiciones con grafito esferoidal, consiste en emplear dos cucharas para la adición de la aleación del magnesio y otra parte el ferrosilicio inoculante.

Así, por ejemplo, es frecuente añadir en la primera cuchara la aleación de magnesio, luego se pasa la fundición en estado líquido a la segunda cuchara donde se adiciona el inoculante y finalmente se pasa el metal a los moldes. En ocasiones, también se emplea solo una cuchara. Se introduce en ella la aleación de magnesio, luego se cuela la fundición y al cabo de un rato, cuando la fundición está lista para colar en los moldes se añade el inoculante. En algunos talleres, como hemos dicho antes, se fabrica la fundición esferoidal realizando solo las adiciones de una vez.

Hasta hace muy poco tiempo no se consideraba posible industrialmente el empleo del magnesio metálico directamente, ya que por ser fácilmente oxidable produce, como hemos dicho antes, proyecciones de metal y -----

desbordamientos del baño. Recientemente, sin embargo, con el uso de cucharas cerradas en las que se producen las reacciones bajo presión de 10 ó - 15 atmósferas, se ha conseguido suprimir el hervido del magnesio. En la actualidad este método, de cucharas a presión y magnesio metálico, que es - eficiente y barato, no se ha desarrollado tanto como en un principio se - pensó por el peligro de proyecciones y explosiones.

LA MANUFACTURA DE HIERRO NODULAR POR EL PROCESO DEL GAZAL.

Teoría del Proceso.

Este método fue un desarrollo natural del degasificado de los metales fundidos por medio de gas inerte y tapón poroso, usualmente localizado en la base de la cuchara u horno.

Cuando un gas es pasado a través de un refractario poroso, éste genera - una gran cantidad de pequeñas burbujas a alta velocidad, las cuales producen una turbulencia en el metal, a través del cual es pasado el gas.

Purgando por medio de una lanza no es tan efectivo, ya que por estar muy - cerca se requiere un gran volumen de gas y porque es incontrolable la turbulencia y las burbujas largas no tienen el mismo contacto tan íntimo entre el metal fundido y el gas purgado.

El pequeño gaseado, la alta velocidad de las burbujas crea un gradiente de presión en el baño del metal, el cual produce un movimiento de mezclado controlable, facilitando un parejo y ligero mezclado de los materiales insolubles con el metal en un corto tiempo.

Tapón Poroso y Equipo Auxiliar.

El tapón poroso es recomendado por si mismo y con un buen diseño da muy buenos resultados y tiene una larga vida. Básicamente existen dos tipos de diseño, los cuales dependen principalmente de la capacidad de la cuchara (olla). Para cucharas que tengan una capacidad de 3 toneladas máximo.

Lo más conveniente es hacer un recubrimiento de carbón con un caparazón de acero quedando el tapón insertado, permitiendo el paso del gas y así mismo facilitando el ensamble.

Para cucharas con capacidad mayor de 3 toneladas, se necesita hacer una chaqueta de acero para el tapón, de tal forma que solo permita el paso del gas, esto es preferible cuando son necesarios varios tapones porosos. Para inserción directa en hornos particularmente en hornos de inducción se recomienda un recubrimiento de cobre al tapón. Estos tapones son en diversas medidas para aplicaciones específicas.

El gas que se utiliza para la producción del Hierro Nodular es el nitrógeno, el cual está colocado en un banco de cilindro, controlando y midiendo la presión y el volumen. Mientras que el aire comprimido también puede ser usado lo cual contribuye a bajar el Mg recuperado y bajar la vida del refractario del tapón. Luego, entonces es una dudosa economía.

Desulfuración por el Método del Gazal.

La mayor ventaja de este método en la producción del Hierro Nodular es la eficiente desulfuración por medio de carburo de calcio.

Esta desulfuración también puede hacerse por medio de la Soda-asch o bien cualquier otro desulfurante, pero las principales ventajas se han obtenido con el carbono de calcio.

Una conveniente aplicación del proceso del Gazal será en el resultado de la reducción de azufre de cualquier valor, bajarlo a menos de 0.02% en un burbujeo con nitrógeno durante dos minutos.

Esto es usualmente realizado con el 1 1/2% de Carburo de calcio de peso de la carga y puede a menudo hacerse con menor cantidad de material, pero si este valor no es obtenido con el 1 1/2%, y en este tiempo, entonces el proceso no está dando el mejor resultado. Luego se debe de checar la colocación del tapón poroso, la presión del gas, el diseño de la cuchara. En-

muchos casos consiste en bajar el azufre a menos de 0.01% siendo obtenido en un principio y una continua base.

La reducción del azufre es el índice de comparación para una acertada instalación del método del Gazal.

Como el tiempo empleado en la desulfuración es un máximo de tres minutos y la fluidez del gas es del orden de 6 a 8 Ft 3/min. y con la reacción del carburo de calcio es exotérmico tendremos que la pérdida de temperatura en realidad no es mayor que la que se tiene normalmente en el sangrado y durante el tiempo que se tiene el metal en la olla en un tiempo igual.

Esta pérdida es de 50° F a 150° F, dependiendo del tamaño de la cuchara, diseño de la cuchara y otros factores que normalmente contribuyen a la pérdida de temperatura. Cualquier pérdida de más de 150° F requerirá de un estudio detallado y análisis de las condiciones de operación y esto de finitivamente no es una función del proceso.

El carburo de calcio tiene una intensa acción desoxidante en el metal, la cual facilita la desulfuración y además ayuda un poco al contenido de carbón. Esto combinado con el burbujeo producido por la inyección del nitrógeno (N₂) produce un metal en condiciones óptimas para la siguiente adición para la nodulización.

El resultado de este preacondicionamiento es una alta cantidad de nodularidad y valor bajo en el chill, y un gran aprovechamiento (en la ductividad del metal) como todos otros factores igualmente existentes. Estas mejoras van unidas con un factor de importancia, usada en la medida de la calidad del Hierro Nodular y esto es, la vida del nodular en el vaciado del metal. El Hierro Nodular hecho por este método puede ser vaciado durante un largo período de tiempo sin incremento en el chill o pérdida de nodularidad como sucede en la fabricación de Nodular mediante otros métodos.

Recarburación por el Método del Gazal.

Debido a la gran acción mezcladora que se alcanza en la inyección del nitrógeno lo cual es importante en la desulfuración, es también usada para adición de carbón en el metal fundido. Esto puede hacerse con cualquier carburizador conveniente.

Esta carburación puede hacerse antes o después de la desulfuración, pero se tendría una mayor pérdida de temperatura por lo cual es conveniente hacerla durante la desulfuración para tener menor pérdida de temperatura además de que hay un ahorro en el uso del N_2 de recarburización conviene aparentemente cuando se considera la economía de un alto acero, un bajo hierro o bien una mezcla como base para producir Hierro Nodular.

El proceso es tan flexible que es posible hacer un buen Hierro Nodular-- sobre una variedad de condiciones. Se ha tratado de escoger la que resulte más económica con cualquier tipo de carga, en las aleaciones para nodulizar, en la eliminación del tratamiento térmico en la flexibilidad de usar o acomodar otros metales siendo hechos totalmente terminados bajando el costo que es en donde está realmente la economía.

Hay dos caminos para utilizar el tapón poroso: el metal puede ser desulfurado y carburizado y luego transferido a otras cucharas para adiciones de magnesio. Este método no utiliza la capacidad del tapón poroso incorporado a la aleación para nodulizar, pero es a menudo usado donde el material desulfurado es conducido continuamente en un mezclado o recibiendo en una cuchara y una larga variedad de cucharas que son usadas para transportar el metal. El otro método es desulfurar, carburizar y nodulizar en una hornada de metal base en la misma cuchara. Esto es hacer un completo uso del tapón poroso y es preferible este método. Desde luego, el metal puede ser desulfurado en forma continua en una cuchara de mezclado y entonces transferirlo a otra cuchara también con un tapón poroso para hacer la nodulización del metal.

En un proceso de tipo duplex es usual desulfurar y carburizar en una cuchara con el tapón poroso para posteriormente pasarlo al horno eléctrico para a continuación nodulizar por un medio normal o en una segunda cuchara provista del tapón poroso.

Para el procedimiento de una desulfuración continua y para nodulizar directamente son ilustrados en la Fig. No. 1 y 2. En la manufactura directa de hierro nodular en una cuchara provista del tapón poroso es aconsejable limpiar la escoria del carburo y después de desulfurado y antes de añadir el nodulizante. Aunque se obtienen buenos resultados sin limpiar la escoria, se ha visto que quitando la escoria de la desulfuración, carburación, trabaja mejor la aleación para nodulizar, siendo más consistente y más económico.

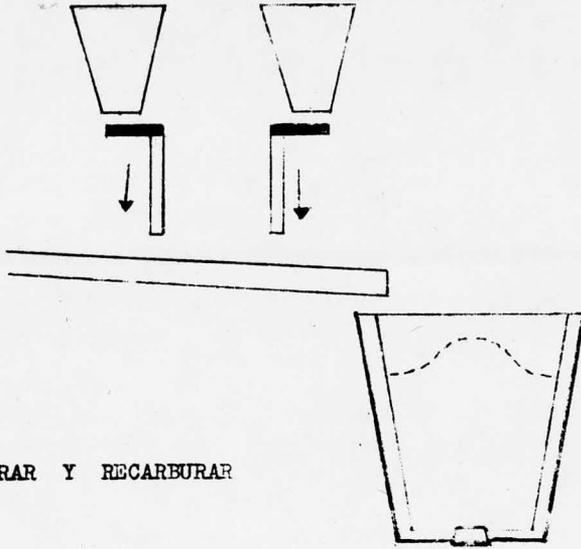
Para cucharas con capacidad mayor de 3 toneladas, el protector de acero para el tapón es preferible. Esto da muy buenos resultados, ya que alarga la vida del tapón poroso y puede reemplazarse fácilmente.

Es preferible colocar el tapón poroso en el centro de la cuchara teniendo un diámetro de 20" o más, pero dicha posición del tapón varía según la medida de la cuchara y así tenemos que para cucharas de un diámetro menor de 20" es recomendable colocar el tapón fuera del centro. La idea de esto es de que la mezcla sea completa y homogénea evitando zonas sin mezclar en la superficie del metal y cuando esto sucede se reduce la eficiencia. Esto lo podemos observar en las Figs. Nos. 3 y 4.

Para la mejor acción, el nivel del metal en la cuchara deberá estar en el rango de 1 1/2 a 2 veces el valor del diámetro, mientras que el metal puede ser tratado fuertemente en la superficie de la cuchara, dando como resultado una carburación extra y consumo de aleación o se requiere de un mayor tiempo de soplado, el cual no es aconsejable desde el punto de

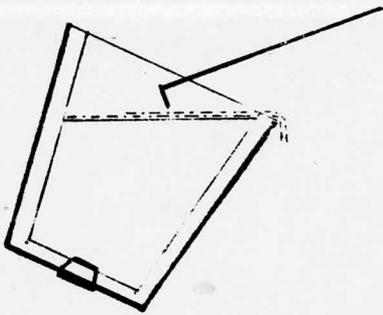
CARBUR^o
de
CALCIO

GRAFICO



DESULFURAR Y RECARBURAR

FIGURA No. 1



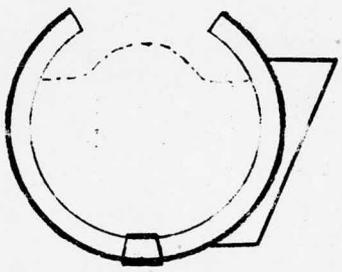
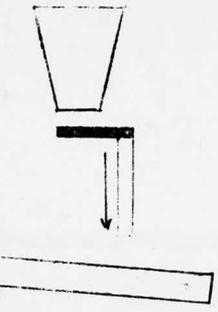
LIMPIAR ESCORIA

ADICION NODULIZANTE



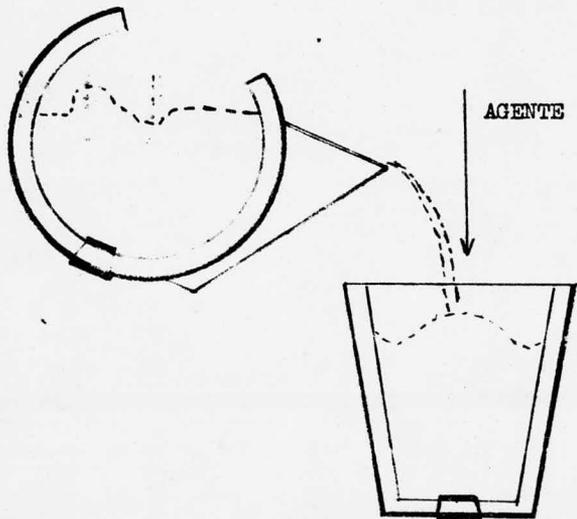
NODULARIZAR Y CARBURIZAR

CARBURC DE CALCIO

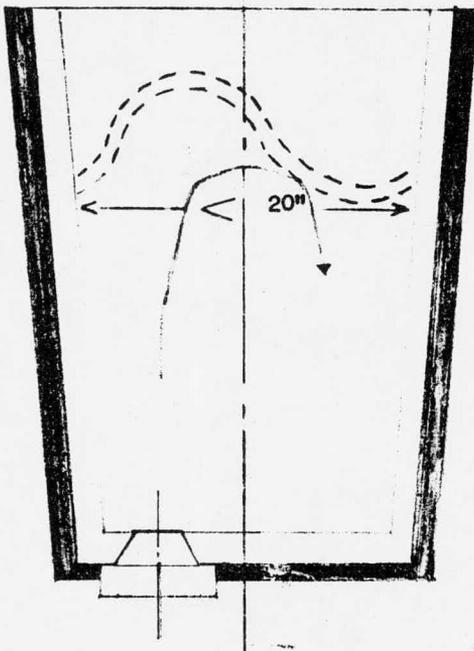


DESULFURAR

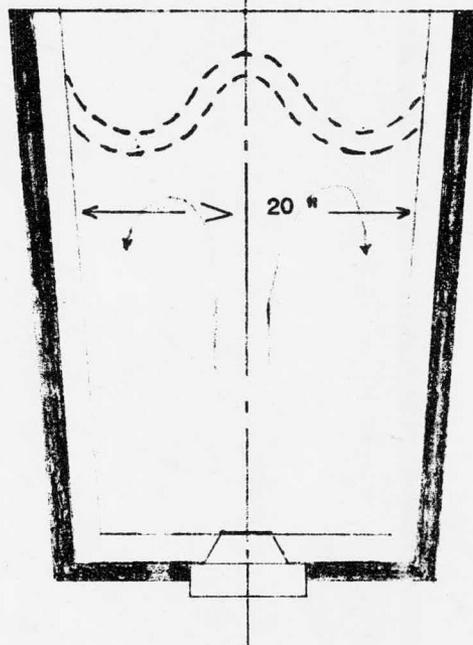
FIGURA No. 2



NODULARIZAR Y GRAFITIZAR

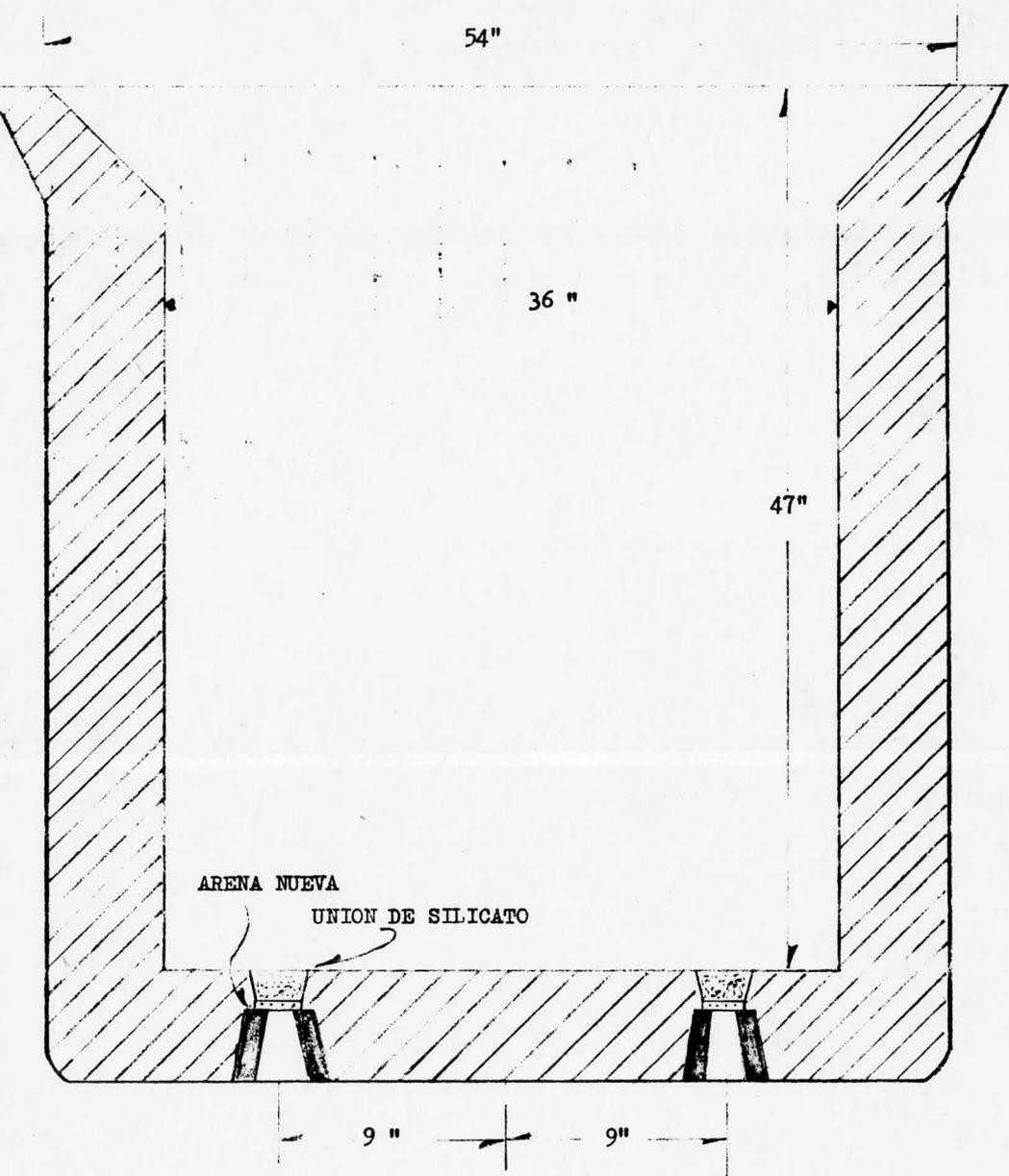


Para diámetros menores de 20" se localiza el tapon poroso a un costado de la cuchara .



Para diámetros mayores de 20" se localiza el tapon poroso en el centro de la cuchara.

FIG. No. 3



LOCALIZACION DEL TAPON EN EL FONDO DE LA CUCHARA.

FIG. No. 4

vista de la temperatura del metal. Como la altura del metal en la cuchara se incrementa, de ahí la importancia de la colocación del tapón poroso en el fondo de la cuchara que debe ser mínima. En cualquier caso los resultados óptimos serán representados por la reducción del azufre a un valor abajo de .02% en 2 minutos con una cantidad de carburo de calcio - no mayor del 1 1/2%.

En las cucharas de vaciado que tienen forma cilíndrica, el tapón deberá ser localizado en el fondo de la línea central. El baño es necesariamente superficial ya que la longitud de la cuchara no debe ser mayor de 36" ya que de tener mayor longitud serán necesarios dos tapones. Como regla general las cucharas convencionales se prefieren sobre las cucharas cilíndricas, porque hay mayor eficiencia, ya que en las cucharas cilíndricas la mezcla del metal produce algunas turbulencias, lo cual es entonces aumentado por el tapón y al momento de agregar el carburo va a la escoria.

Los tapones porosos vienen en varias formas y tamaños, todos son fabricados de materiales refractarios y tienen una permeabilidad de 130-150.

La localización del tapón en ambos.

En el de una hornada y el de operación continua está en el fondo de la cuchara y la posición proporciona una gran acción mezcladora.

En el caso del tratamiento por hornada y con todos los ensayos de laboratorio correspondientes, los cuales indican que el lugar de compensación, la mejor colocación es en el centro del fondo, esto tendrá como resultado que se tendrá un completo uso del efecto de la sombrilla generada por las burbujas y un lavado total de las orillas en la periferia de la cuchara, pero es aconsejable que tenga un diámetro de 24" como máximo con un correcto tamaño de la cuchara.

El tratamiento en la cuchara es manuable, del mismo modo como el de la cuchara para una hornada con el tapón en el centro del área principal del tratamiento. El diseño de la cuchara preparada con el tapón poroso es - muy importante en este proceso. Si la cuchara es diseñada correctamente para una capacidad de 2.000 toneladas de metal, el diseño será incorrec- to para una tonelada de metal. También el diseño correcto de la cuchara- deberá tener 5" de altura sobre el nivel del metal contenido en la cuchara para el burbujeo y de esa forma no perder aleación, debido a que se - derrame el metal. Con esto de hecho debemos de tener en mente que del volumen de la cuchara será aprovechado el 80% satisfactoriamente. También- debemos tener presente un diámetro un diámetro efectivo de agitación de- 24". La cantidad máxima de metal que puede ser tratado con un solo tapón poroso será de 2.000 toneladas.

Una instalación de varios taponos es un poco más compleja que la que so- lo lleva uno, porque requiere de una mayor área y una distribución ade- cuada y mantiene la misma corriente de gas directa en cada tapón.

Esta corriente de gas deberá ser continua y deberá mantenerse a la misma presión en las diferentes conexiones de los tapones de tal forma que deberá ser controlada con un manómetro. Una ventaja de utilizar varios tapones en una cuchara grande es que se van a producir tres o más corrientes de burbujas, de tal forma que aumentará el rendimiento en la desulfuración.

La selección de la cuchara que será usada para llevar a cabo este proceso no deberá tomarse a la ligera, sino que por el contrario deberá ser una decisión cuidadosa previendo y compensando cualquier problema futuro que pudiese presentarse, por ejemplo: el fondo de la cuchara deberá ser menor de 3/8" o bien de 1/2", preferible sin evidencia de unión, pues cualquier cosa por muy plana que sea al fondo de la cuchara puede causar algún movimiento y en consecuencia un desperfecto en el forro de la cuchara y el resultado es una gotera en un principio y de un momento a otro la rotura de la cuchara.

El tapón poroso como hemos discutido anteriormente, debe tener un alto grado de permeabilidad para que permita la corriente de gas sin dificultad, pero esta condición puede tener como resultado que se presente la penetración del metal cuando el gas no está fluyendo a través de él y hay una cantidad substancial de metal en la cuchara, esto es muy común cuando la cuchara es usada para el hierro gris.

El tapón puede ser protegido por un sistema muy simple, el cual consiste en aplicar arena aglutinada con silicato en la parte superior del tapón, haciéndolo en forma correcta habrá que añadirle un 1/2" de arena nueva antes de poner la arena de silicato que deberá ser de 1-1/2" aproximadamente. Esta protección si es reemplazada todos los días tendrá una mayor duración el tapón y el tiempo empleado para hacer esta operación no se lleva más de 15 min., con este simple procedimiento de protección, la vida del tapón puede ser mucho mayor que con el uso normal. En la Fig. No. 5 se ilustra la protección del tapón.

Otro aspecto que no debemos descuidar es la preparación y localización de la inyección del nitrógeno al tapón poroso, esto deberá ser en cantidad suficiente para llenar la entrada y la carrera de desulfuración.

El nitrógeno puede ser suministrado por medio de un solo tanque o bien por bancos de tanques, usando un solo manómetro. La parte más sensitiva del cilindro o banco de cilindros de nitrógeno es el arreglo de la tubería de la conexión entre el conjunto que suministra el nitrógeno y la conexión en la cuchara. Es muy importante que la tubería tenga un diámetro de tal dimensión que permita el flujo del gas dentro de la cuchara para mover el metal, esto es ejemplificado en la gráfica de la Fig. No. 6, siguiendo la curva, nosotros encontramos una presión de 30 p.s.i., promoverá una corriente de 22 ft³ por minuto al través de un tubo de 1/4" de --

PROTECTOR DE ACERO INCRUSTADO EN EL FONDO DE LA CUCHARA

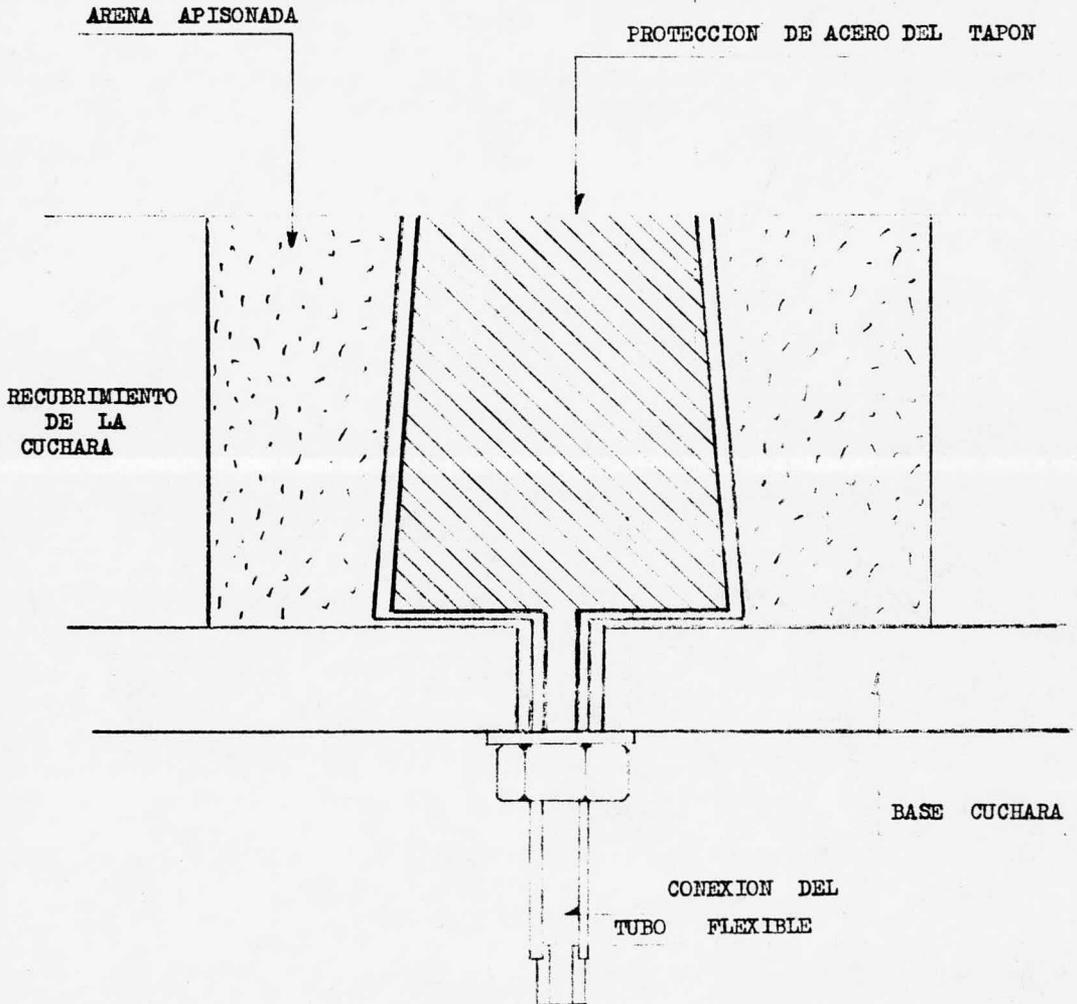


FIG. No. 5

diámetro; 48 ft³ al través de un tubo de 3/8" de diámetro y 90 ft³ por minuto al través de un tubo de 1/2" de diámetro. Esto es más deseable, porque promoviendo una adecuada corriente de gas a baja presión y con esto en mente, puede ser fácilmente visto que cantidades grandes de metal tratado, deben tener suministros de grandes diámetros. En efecto, es más conveniente pasarse hacia arriba en el diámetro del tubo que quedar abajo del diámetro que se requiere, trabajando a altas presiones estamos expuestos a tener roturas en el sistema, también hay caídas de presión debidas a los codos, conexiones, acoplamientos, válvulas, etc. y el sistema deberá tener una cantidad mínima de discontinuidad.

El consumo de nitrógeno puede variar de 5 pies cúbicos por tonelada de metal tratado, hasta de 5 pies cúbicos por tonelada de metal tratado, dependiendo del tipo de operación y del diseño de la cuchara en vista de que de hecho solo 4-7 p.s.i. de presión de gas es necesaria para sobrepasar la presión ferrostática. Esto puede ser realizado ya que la corriente del metal estará basada en la cantidad de gas que empujará a través del sistema, por lo tanto, bajas presiones y altos volúmenes de movimiento de gas es mejor.

El carburo usado es el que se fabrica en forma standard dentro del mercado; es muy práctico alimentar al carburo en la cuchara mediante un sistema mecánico, porque esto incrementa la eficiencia, al vaciar en la

VELOCIDAD DE FLUJO DEL NITROGENO A TRAVES DE
LONGITUDES STANDARD DE TUBO VARIANDO LOS
DIAMETROS

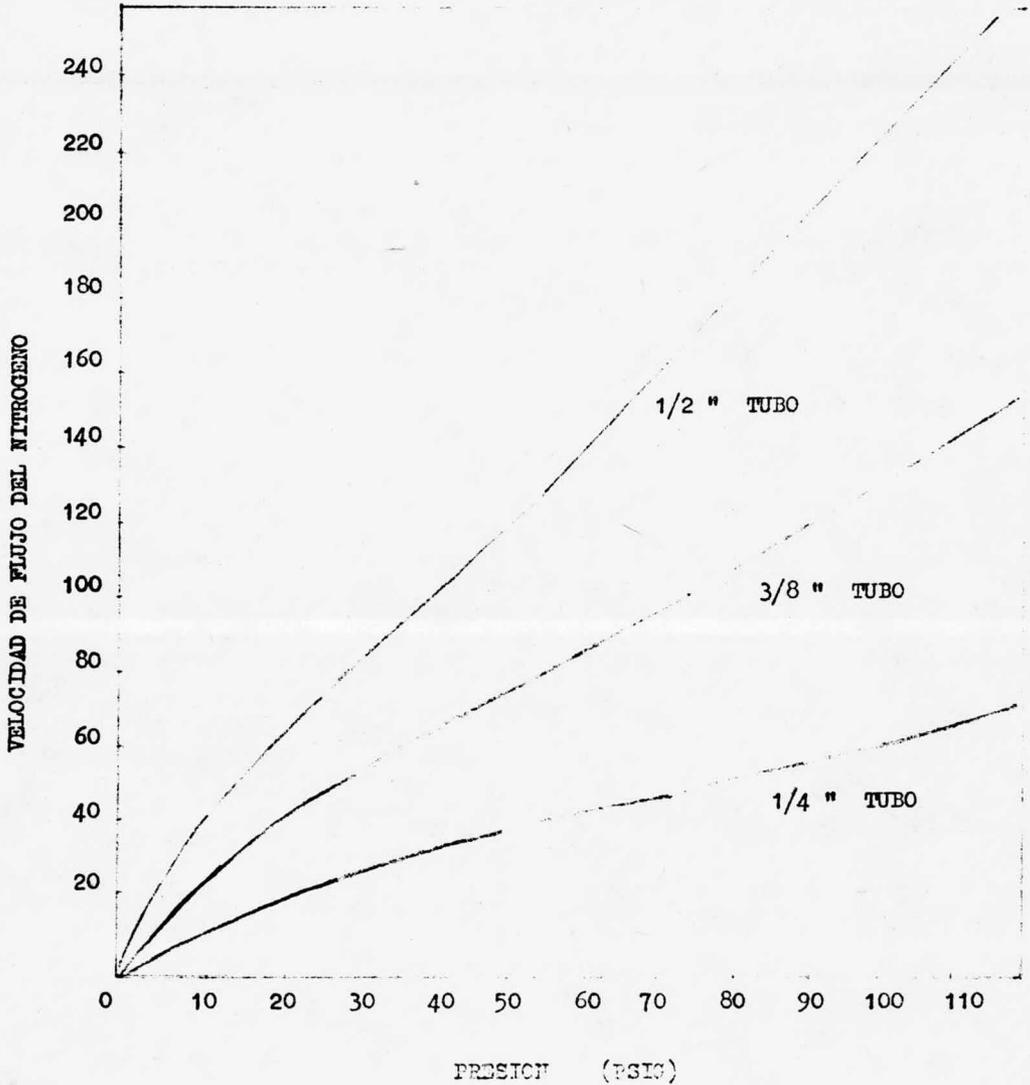


FIG. No. 6

cuchara una cantidad determinada de carburo, así como cuando se está agregando en forma continua, tiende a crear una acumulación de material en la superficie del metal y antes podrá ser introduciendo dentro del metal el cual tenderá a hacer una capa, la cual dificultará la operación, mientras que si el carburo es alimentado, menores cantidades sobre periodos de tiempo más grandes, permitirá la acción del burbujeo y arrastrando el carburo en la solución casi a la misma velocidad que se está alimentando el carburo.

Ahora bien, es más común alimentar al carburo en una sola cantidad en el baño durante la operación, pero se sugiere que se haga esta alimentación por medio de algún alimentador de tipo mecánico para hacerla en un periodo de 30 segundos a un minuto para tener mejores resultados.

La cantidad de carburo usada es de 1% a 1 1/2%, dependiendo de la eficiencia del tratamiento. Refiriéndonos una vez más a lo anterior, si nosotros añadimos el carburo durante el burbujeo y en pequeñas cantidades tendremos un mejor rendimiento y por tanto necesitamos un porcentaje más bajo, de otro modo si lo agregamos todo en el baño de fierro, vamos a tener un rendimiento más bajo y por lo tanto necesitamos agregar un porcentaje más alto. Para tener mejores resultados, el material alimentado deberá ir al centro del fondo del metal, ya que la burbuja se limpia con la escoria empujada a la orilla de la periferia de la cuchara y de esta forma se tendrá un máximo de eficiencia usando cualquier carburo de calcio o grafito para recarburar.

Por otro lado tenemos que la pérdida de temperatura mediante el uso de este proceso se reduce al casi Cero en un proceso continuo y de 50° a 75° para un tratamiento normal de una hornada, en realidad la pérdida de temperatura no debería ser considerada como resultado de este proceso si no realmente como por el tiempo de mantener el fierro en la cuchara. Se ha encontrado que la pérdida de temperatura durante el tiempo de gaseado será aproximadamente de 7° más que si el metal estuviese sostenido en la cuchara. Esta ligera pérdida de temperatura se puede atribuir a la reacción exotérmica del carburo de calcio durante el tratamiento.

El tiempo del tratamiento para una operación de una hornada es de 1 1/2-min. a 2 min., este es el tiempo de la corriente de gas y se ha visto que durante este tiempo de gaseado, el nivel del azufre puede ser bajado de 0.13% a un mínimo de 0.01%. Debemos recalcar una vez más que esto depende de un tratamiento correcto, lo cual desde luego incluye el correcto diseño de la cuchara y una adecuada corriente de gas.

Otra ventaja que tenemos es que la reacción del carburo nos eleva el contenido de carbón en un rango de 0.10% a 0.15%.

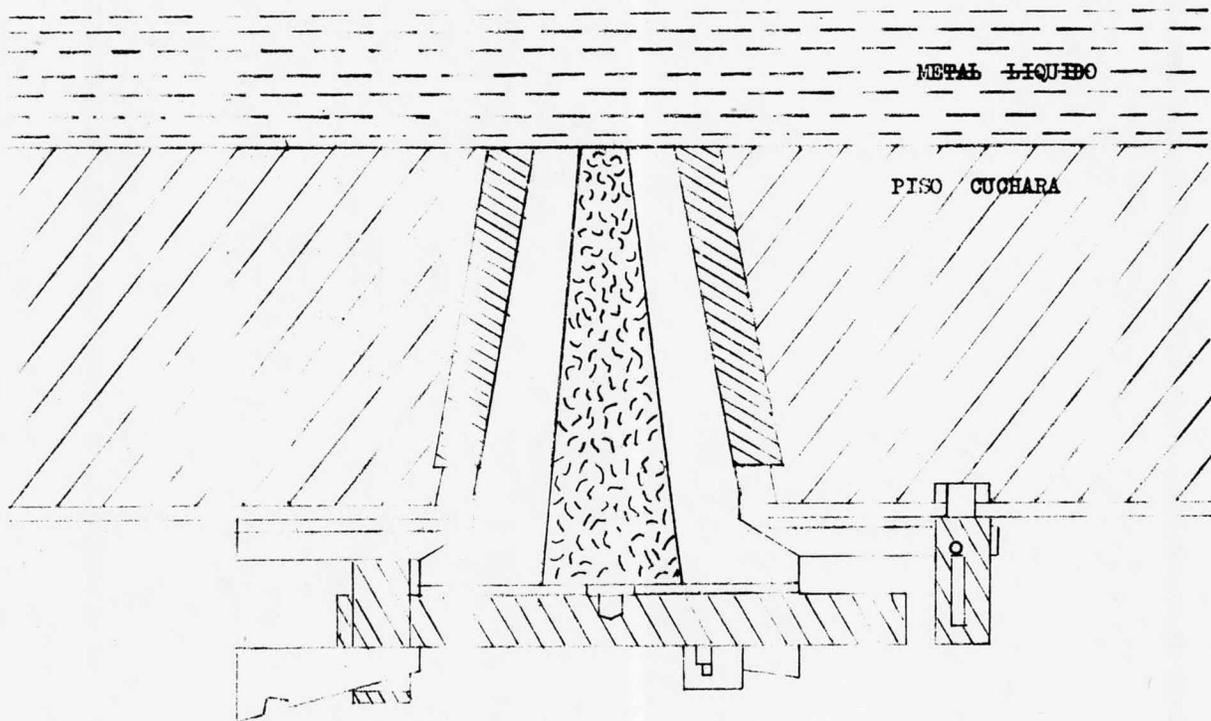


FIG. No. 7

SECCION DE ENSAMBLE DEL TAPON

CAPITULO III

CONTROL DE MATERIAS PRIMAS

Es de importancia vital para el éxito de la fusión en los cubilotes una vigilancia continua sobre la alimentación de todas las materias primas y materiales auxiliares, con objeto de obtener productos fundidos deseados.

En primer lugar, para el trabajo de fusión figuran los lingotes y las diversas aleaciones (ferrosilicio, ferromanganeso y fósforos de hierro) y las adiciones especiales de níquel, cromo, tungsteno, vanadio, etc., siempre que se encuentren disponibles a su debido tiempo y se piden aleadas al hierro fundido o se consideran indispensables.

El segundo de los materiales para la fundición lo constituye la chatarra de hierro colado, los desperdicios de acero y las briquetas de viruta. Por lo que toca a la chatarra de hierro colado, hay que distinguir entre la procedencia de la misma fundición (bebederos, coladas, piezas defectuosas, etc.) y la procedente del exterior (chatarra de maquinaria o de coquillas). Con la chatarra propia se puede tener mayor confianza en cuanto a su composición que con la procedente del exterior, debiendo recomendarse sumo cuidado en la elección de esta última, para evitar fracasos en el trabajo de la fundición y en los productos fundidos.

RECOMENDACIONES PARA LA INSTALACION DE TUBERIA
EN EL PROCESO GAZAL

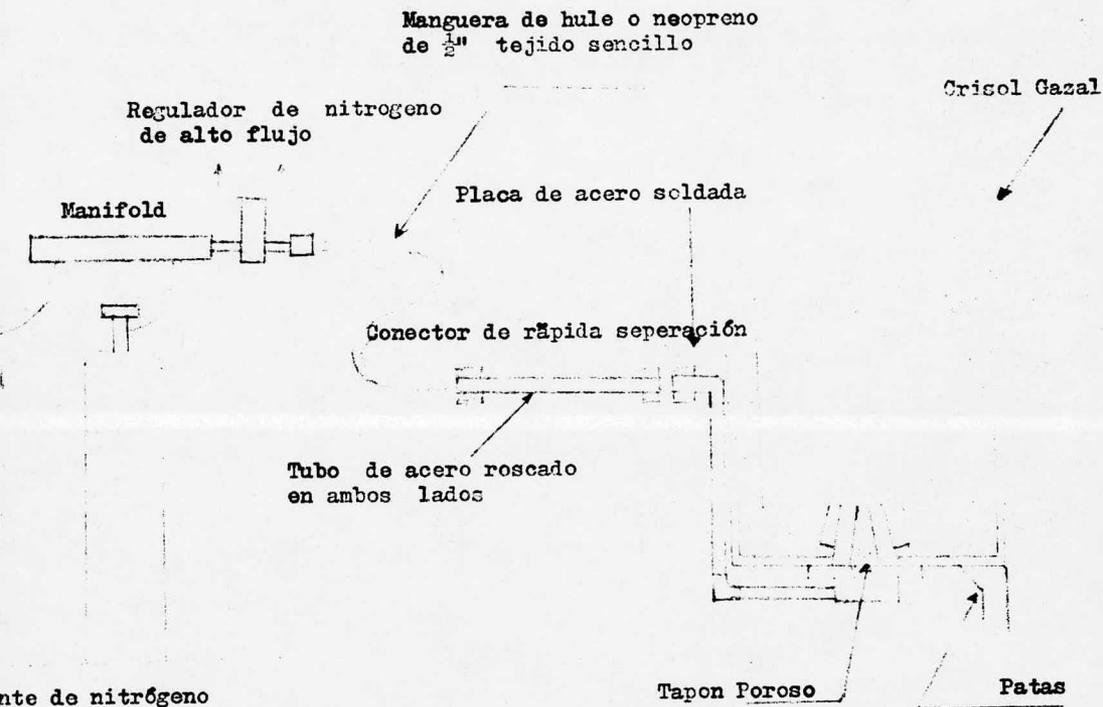


FIG. No. 8

En general, es muy conveniente seleccionar la chatarra de procedencia ajena, y con mayor motivo si el vagón que la conduce contiene hierro quemado y desperdicios semejantes, que no pueden aplicarse en la alimentación de los cubilotes. Lo mismo debe decirse para los residuos delgados de acero, óxidos (placas), que no deben utilizarse en los cubilotes. Las virutas sueltas de hierro o de acero tampoco se han de emplear en estos hornos; únicamente se utiliza en forma de pequeñas briquetas, de pocos kilogramos de peso.

Como complemento de las diversas clases de chatarra de hierro fundido, - indicaremos que la chatarra de acero adicionada al cubilote sufre cierta carburación. En las mezclas de hierro con una elevada proporción de acero para obtener hierro colado de alta calidad, no se necesita mayor cantidad de coque que para la fusión de las mezclas normales de hierro sin acero.

Solo se ha de adicionar la cantidad de carbono necesaria para la carburación en forma de coque. En cuanto a la acción que tiene lugar entre las cantidades de coque y de aire en relación con las temperaturas necesarias para la fusión de las aportaciones de acero.

A) CONTROL DE ARRABIO.

Lingote de hierro es el producto metálico obtenido por la reducción de minerales de hierro en el alto horno. El nombre se deriva de las formas-

características en que es vaciado este metal primario y empleado en el procesamiento de productos comerciales de hierro y acero. El término "lingote" es también aplicado a piezas pequeñas de sección transversal trapezoidal, de ferroaleaciones, cobre y otros metales.

El metal procedente de los altos hornos de unas cuantas décadas atrás era vaciado en moldes de arena. El metal fundido que salía por el orificio de sangría fluía por una trinchera principal construida en la arena en la base del horno, la que a su vez alimentaba filas de moldes rectangulares abiertos colocados en ángulo recto con respecto al alimentador. El hierro que se enfriaba en la trinchera fue llamado "reguera" y el formado en moldes "lingotes".

Prácticamente todo el hierro de alto horno producido actualmente es vaciado en una máquina de lingotear, que consiste de una cadena sin fin de moldes de hierro colado o de acero estampado que pasan continuamente enfrente de la cuchara de vaciar. Los moldes llenos son enfriados por medio de un rocío de agua, o por inmersión en agua, según van pasando sobre la máquina.

Al final de la cadena, el molde se vuelca y el lingote sólido es depositado en un vagón u otro recipiente. Las dimensiones pequeñas y uniformes de la máquina de lingotear cuentan con la universal aprobación de los fundidores. El lingote actual pesa menos de 27 kilos y se maneja

más fácilmente que el antiguo lingote vaciado en arena, que a menudo pesaba tanto como 45 ó 58 kilos.

CLASIFICACION DEL LINGOTE ARRABIO.

La especificación ASTM en lista ocho grados standard para lingote de -- arrabio, diferenciándose todos, excepto el grado plateado o "silvery" en su contenido de fósforo. Su designación y contenido de fósforo están anotadas en la siguiente lista:

<u>C L A V E</u>	<u>DESIGNACION</u>	<u>CONTENIDO DE FOSFORO EN %</u>	
LP	Bajo fósforo	0.035	máx.
LPi	Bajo fósforo intermedio	0.036	a 0.075
M	Maleable	0.101	a 0.300
Fl	Fundición Norte, Bajo fósforo	0.301	a 0.500
Fh	Fundición Norte, Alto fósforo	0.501	a 0.700
Fs	Fundición Sur	0.700	a 0.900
S	Plateado (Silvery)	0.300	a máx.

A manera de información sumaria pueden ser de ayuda los siguientes datos concernientes a los grados descritos:

LP- Grado de bajo fósforo (fósforo menor de 0.035%)

LP-1 a LP-10 tienen un contenido máximo de manganeso del 0.75%, con silicio subdividido en intervalos de 0.25% entre 0.50 y 3.0%. - Los subgrados LP-11 a LP-18 tienen un manganeso que va del 0.076 al 1.00%, con un contenido de silicio entre 1.0 y 3.0% en intervalos de 0.25%. Los subgrados LP-19 a LP-26 tienen un contenido de manganeso variando entre 1.01 y 1.25% y el silicio entre 1.0 y 3.0% en pasos de 0.25% y el contenido máximo de azufre es 0.035%.

En la fundición de hierro Gris este grado de lingote se -- emplea solamente en aquellas aplicaciones en que se necesi-- ten hierros especiales de bajo fósforo. Su uso normal es -- para la fabricación de aceros de hornos ácidos de hogar -- abierto y similares.

LPi Lingote de arrabio de bajo fósforo, intermedio (fósforo en -- tre 0.036 y 0.075%): en este grado hay nuevamente tres sub -- grados principales basados en el contenido de manganeso, -- es decir, 0.75% máx. (LPi-1 a LPi-8), .076 a 1.00% (LPi-9 -- a LPi-16) y de 1.01 a 1.25 (LPi-17 a LPi-24)

Cada subgrado está dividido en intervalos de 0.25% de con-- tenido de silicio que van de 1.0 a 3.0%. El máximo conteni -- do de azufre a este grado es 0.05%.

M Lingote de arrabio para maleable (fósforo, 0.101 a -----
0.300%): existen 47 subgrados en esta clase de lingote. -
Los subgrados M-1 a M-32 0.76 a 1.00% manganeso: M-33 a -
M-47 1.01 a 1.25%. Cada subgrado está dividido en ramas -
de 0.25% de silicio, comenzando el subgrado de más bajo -
manganeso en 0.75 y alcanzando hasta el 5.00%, mientras -
que los grados más altos en manganeso comienzan en 1.25%-
de silicio y llegan a 5.00% el contenido de azufre es man
tenido en 0.05% máx.

Este grado de lingote de arrabio encuentra uso en la in -
dustria del hierro maleable, aunque una gran mayoría de -
él es absorbido en la industria del hierro gris, cuando -
se desean contenidos de fósforo menores de 0.3%.

Es costumbre en ciertas partes del país limitar el fósfoo
ro del grado maleable entre 0.10 y 0.20% y todo el lingoo
te de arrabio que tenga un contenido de fósforo mayor de
0.20% es llamado lingote de grado de fundición.

F1 Lingote de arrabio fundición (Región Norte de U.S.A.), -
de bajo fósforo (conteniendo entre 0.301 y 0.500%); se -
dispone de 48 subgrados en tres grupos iguales en su con
tenido de manganeso, en las zonas de 0.50 a 0.75% de --

0.76 a 1.00% y 1.01 a 1.25%. Cada uno de estos subgrupos-iguales está subdividido en 16 hierros, variando de uno a otro en 0.25% de contenido de silicio, en una zona que va del 1.0 al 5.0%. El límite de azufre es 0.05%.

Fh Lingote de arrabio fundición (Región Norte de U.S.A.), de alto fósforo (conteniendo de fósforo 0.501 a 0.700%); como en el caso del hierro Fl, se dispone de 48 subgrados, espaciados según el mismo principio en contenido de manganeso y silicio.

Fs Lingote de arrabio fundición (Región Sur de U.S.A.), (contenido de fósforo 0.700 a 0.900%); en este grado se dispone de 2 subgrados principales, basados en dos contenidos de manganeso, uno en la gama de 0.25 a 0.50% de manganeso y el otro de 0.51 a 0.75% de manganeso. Cada uno de estos dos grupos es obtenible en 16 subgrados basados en contenidos de silicio que van variando un 0.25% entre sí, entre 1.0 y 5.0% de silicio. El contenido de azufre está especificado en un 0.05% máx.

Estos tres grados fundición (Fl, Fh y Fs) hacen el grueso del lingote de arrabio que va normalmente a la industria de la fundición de hierro gris. Su relativo empleo como -

materia prima en la fundición está dictado primordialmente por economía y por el contenido deseado de fósforo.

S Lingote plateado (silvery pig iron); su contenido de fósforo es de 0.30% máx.). En contraste con los otros siete grados standard, éste último no es segregado con respecto al contenido de fósforo. El lingote plateado es suministrado a la industria del hierro gris primordialmente como un medio para aumentar el contenido de silicio en las piezas de hierro gris.

Existen 72 subgrados, subdivididos en tres subgrupos -- principales, dependiendo de sus contenidos de manganeso, que son de 0.50 a 1.00%, de 1.01 a 1.50% y de 1.51 a ---- 2.00%. Cada subgrupo está subdividido en 24 grados, basados en escalones de 0.50% en la gama entre 5.0 y 17.0% de silicio. El contenido de azufre está especificado en 0.05% máx.

B) CONTROL DE CHATARRAS.

Tanto la pedacería de hierro como la de acero son componentes importantes en las cargas fundidas en el horno de cubilote. Esta pedacería la podemos clasificar en tres amplios grupos: chatarra de retorno; chatarra comprada; pedacería de acero, maquinaria textil, maquinaria automotriz.

1. Chatarra de Retornos.

Dentro de este grupo podemos considerar a los bebederos coladas y cargadores que intervienen en nuestra producción diaria, así como piezas defectuosas. Ahora bien dependiendo del tipo de piezas y de la alimenta-ción empleada, el rendimiento de piezas buenas puede variar desde menos del 50% hasta tanto como el 90% del metal fundido. El resto del metal fundido es regresado al cubilote como pedacería, para utilizarse como parte de la carga.

Este tipo de chatarra, teniendo un análisis conocido y uniforme, forma una clase de material deseable para la fusión. Esta pedacería puede verse aumentada por la pedacería procedente del taller mecánico y de los rechazos de clientes de la fundición.

2. Chatarra de Hierro Colado Comprado.

Este tipo de chatarra consiste de piezas que han cumplido su vida útil como parte de maquinaria vehículos, equipos de calefacción, sistemas municipales de distribución de agua o de muchas otras estructuras que son o han sido usadas tales piezas de fundición. Dado que este tipo de chatarra ha sido usada en diferentes y muy variadas funciones, tendrá análisis mucho muy variados, así como también de tamaño comparada con la fábrica.

Este tipo de chatarra está también contaminada con otros materiales que pueden haber formado parte de la estructura original, tales como ejes de acero, metales de cojinetes, materiales no ferrosos que incluyen aleaciones a base de cobre y de aluminio y muchos materiales diversos.

Afortunadamente, las piezas de hierro colado, para ciertas aplicaciones, son a menudo hechas dentro de una gama de análisis lo suficientemente uniforme o standard, ya sea porque el servicio demanda cumplir determinadas especificaciones o porque la producción de ciertos artículos está perfectamente bien delimitada. Así pues tenemos por ejemplo las piezas utilizadas en productos automotrices con bajo contenido de fósforo (menos de 0.25%) y entre 3.00% de carbono y 2.00 a 2.50% de silicio, así como las ruedas de ferrocarril pueden considerarse de un análisis de 3.5% de carbono, 0.55% de silicio y 0.30% de fósforo, aunque en México las ruedas de ferrocarril son de acero.

Ciertos tipos de pedacería, tales como artículos sanitarios, planchas de cocina y muchas otras piezas delgadas pueden suponerse, por el contrario, que son relativamente altas en silicio como en fósforo.

3. Pedacería de Acero

Este tipo de chatarra es ampliamente empleada en la fundición al igual que el hierro colado, el acero es producido con muchos grados que varían

en composición química de acuerdo con el empleo que se les va a dar.

En ocasiones, este tipo de chatarra es material nuevo de análisis conocido, subproducto de algún proceso de fabricación.

Esta chatarra es obtenible en grandes cantidades en centros industriales. Los recortes de talleres de forjas y atados de varilla comercial nueva son típicos de esta clase de pedacería. Este tipo de pedacería adquiere generalmente un sobreprecio a causa de tener un análisis conocido y limpieza. Además de chatarra procedente de un proceso nuevo, llega al mercado una gran cantidad de pedacería de acero, como producto del desmantelamiento de estructuras anticuadas o en desuso y máquinas gastadas.

Al igual que la chatarra de colado, la pedacería de acero viejo es de composición y tamaño variables. Puede contener aleaciones indeseables o accesorios no ferrosos, igualmente puede ser escogida de acuerdo con el uso que se le dió a cada artículo.

RAZONES PARA EL EMPLEO DE ESTE TIPO DE CHATARRA.

La pedacería de hierro y acero son empleadas en la carga del cubilote por razones múltiples. Estas pueden ser metalúrgicas o estar basadas en economía y disponibilidad. Prácticamente todas las fundiciones encuentran que sus propias coladas son material deseable para la fusión y son empleadas en las cantidades disponibles, como un asunto natural.

La pedacería de colado puede ser empleada por una variedad de razones. - El lingote de arrabio es, por lo general, el material más caro cargado - en grandes cantidades y cuando se dispone de la pedacería apropiada, ésta puede formar a menudo un gran porcentaje de la carga, con un considerable ahorro en costo. Además, el alto contenido en el lingote de arrabio (entre 3.5 y 4.00%) puede ser un problema si se emplean cantidades - excesivas en la producción de hierros de alta resistencia, en los que - el carbono debe ser controlado en un nivel bastante bajo.

Por otro lado teniendo en la actualidad las dificultades que hay para - conseguir lingote, dada su escasez y por tal razón la carga del cubilote se forma enteramente con pedacería apropiadamente seleccionada con aleaciones embriquetadas u otras fuentes de manganeso y silicio para compen- sar las pérdidas por fusión.

La pedacería de acero, al igual que la del hierro es empleada por múlti- ples razones. El acero, siendo bajo en contenido de carbono, es casi uni versalmente empleado como una fuente material de bajo carbono en la car- ga del cubilote.

Puesto que el acero absorbe, al fundirse, una considerable cantidad de-- carbono, el uso de este material en cantidades apreciables resulta de ba jo contenido de carbono en el hierro fundido producido.

Por esta razón, para nuestras cargas empleamos un gran contenido de acero de 40 a 80%, ya que requerimos de un bajo contenido de silicio con nuestro metal base para después continuar con el proceso y tomar los resultados deseados.

Además de esta característica para cumplir con el contenido de carbono en el producto, a menudo hay una ventaja económica usando tanto acero como sea posible. La pedacería de acero es por lo general el material de precio más razonable entre los que componen la carga.

Como Seleccionar la Pedacería para su Uso en el Cubilote:

Muchos de los materiales cargados en el cubilote están hechos para ese objeto y cubren especificaciones estrictas en cuanto a análisis químico, tamaño y forma.

El primer requisito de un material de fusión satisfactorio, es el conocimiento de su análisis y su ajuste a ciertos límites.

Hay muchas indicaciones en cuanto al análisis químico de una pieza dada de pedacería de hierro o de acero las que puede usar el fundidor como una guía para la solución y uso propio debe, por supuesto, reconocerse que las siguientes reglas son aproximadas y que no podrán aplicarse a cada --

pieza de chatarra, pero en términos generales indicarán de una manera íntima el análisis promedio de un lote dado de material.

Las piezas de chatarra que muestran evidencias de haber sufrido operaciones de mecanizado. Así, piezas ligeras que han sido mecanizadas contendrán probablemente un mínimo de 3.40% de carbono y 2.00% de silicio. Piezas de espesor mediano (entre 25 y 59 mm) contendrán, probablemente, un mínimo - de 3.10% de carbono y 1.50% de silicio, hasta 1.25%.

Piezas automotrices, bloques de cilindros, cabezas, múltiples, carcazas, etc., son de bajo contenido en fósforo (menos de 0.25%), y el promedio probable de este elemento es 0.15%.

La compra de piezas coladas que han pertenecido a automóviles es probablemente la manera más segura de controlar el contenido de fósforo en la chatarra en un nivel bajo.

Las piezas de colado procedentes de maquinaria agrícola estarán, por lo general libres de aleaciones, algo más altas en fósforo que en la gama de 0.25 a 0.40% y algo más altas también en carbono y silicio, promediando un 3.40% del primero y de 2.25% a 2.50% del segundo, las piezas templadas o que muestran fractura contienen poco silicio. Otras piezas templadas son de análisis variables y el fundido hará bien en sospechar de cualquier lote de pedacería de colado que contenga una cantidad apreciable de tal material.

Las piezas de secciones delgadas, tales como artículos huecos, artículos sanitarios, radiadores, maquinaria muy liviana, planchas de cocina, etc. - son altas, tanto en silicio como en fósforo, esto puede constituir una ventaja o una desventaja dependiendo del producto a fundir.

Chatarra quemada o altamente oxidada, tales como calderas, planchas de cocina quemadas, cajas de recocido, etc., son siempre peligrosas. Son bajas en carbono y silicio, altas en azufre, introducen en el cubilote cantidades variadas de óxido indeseable, ya que nos producen poros.

El resultado de emplear tales materiales será un templado en la cuña, profundo y errático, cualidades pobres para mecanización, excesivo rechupe y la posibilidad de piezas rotas o hendidas.

Algunos tipos de pedacería de colado, tales como zapatas de freno de ferrocarril, contrapesos de cortinas de acero, estrellas de limpieza y muchas partes de hierro blanco. Son fundidas tradicionalmente con la más pobre clase de chatarra. Nunca deberán ser usadas para producir piezas sujetas a especificación y su presencia en la pedacería de hierro seleccionada son, por lo general, causa del rechazo.

La pedacería de hierro colado, no deberá contener cantidades apreciables de acero, pues las cantidades excesivas e impredecibles de acero pueden constituir un riesgo serio.

El material que muestra ductilidad y se dobla cuando es golpeado con un -- martillo de acero, hierro forjado o bien hierro maleable. Una gran canti - dad de estos materiales presenta un peligro serio debido a su amplia varia - ción de análisis, comparado con el hierro gris.

Las piezas que no se corroen o no son levantadas por el electroimán son de alto contenido en aleaciones, aún cuando rara vez entran en la pedacería - apropiadamente seleccionadas, puede ser extremadamente peligroso (acero - inoxidable).

Accesorios no ferrosos tales como aluminio, aleaciones de cobre, metales- antifricción, etc., son peligrosos y no deberán estar presentes en una -- chatarra apropiadamente seleccionada. Lo mismo se dice de partes galvani- zadas o estañadas. A veces se encuentran otros contaminantes tales como - hule, yeso cemento o concreto.

Estos materiales, en los dos primeros casos, introducen grandes cantida- des de azufre. En cualquier caso, obstruyen la calidad de la carga del - cubilote y puesto que fueron pagados como metal, representan un valor po - bre para el comprador.

Pedacería de Acero.

El acero, como el hierro colado, está hecho en una variedad de análisis para cumplir con diversas exigencias. También, como el hierro, el análi- sis de una pieza individual puede, por lo general, ser predicho con ----

bastante precisión, observando las reglas siguientes:

- 1). El acero estructural (ángulos, viguetas, etc.) es, por lo general acero sin aleación, y contiene un carbono relativamente bajo, de aproximadamente 0.20%, con manganeso alrededor de 1.0 al 0.50%.

El silicio es generalmente muy bajo y el azufre y fósforo son 0.05% - máximo y no debe ser menor de 1/2" de espesor.

- 2). Planchas de barcos, de calderas, de tanques y otras placas comunmente usadas, dan un análisis de 0.25% carbono máximo, 0.75% manganeso, ---- 0.35% de silicio máximo, 0.04% máximo fósforo y 0.05% máximo de azufre.
- 3). Pedacería de lámina y soleras, a menudo compradas en paquete o atados dan un análisis de 0.10% de carbono, 0.40% de manganeso y es baja en contenido de silicio y azufre y fósforo.
- 4). Las rieles de ferrocarril están hechas de acero al alto carbono sin aleación, dando un análisis de 0.70% en carbono, 0.75% en manganeso y de 0.10 a 0.23% de silicio.
- 5). Bastidores de chasis automotriz, así como ruedas y aros, están hechos de acero no aleado de bajo contenido de carbono. Las defensas o para-choques están hechos, en algunos casos, de aceros de alta resistencia

y bajo contenido de aleación con cantidades apreciables de silicio hasta un 0.80% y de cromo hasta un 0.60%.

- 6). Los cigueñales automotrices están hechos, generalmente, de aceros con 0.45% de carbono no aleados. Algunos cigueñales de servicio pesado y - los empleados en una marca de automóvil de pasajeros contienen grandes cantidades de aleación.
- 7). Las muelles y resortes de ferrocarril son hechos de acero sin aleación, de alto contenido de carbono.
- 8). Las muelles o ballestas de automóviles, u otros similares, están hechos de acero sin aleación, de alto contenido de carbono, pero a menudo contienen cantidades apreciables de cromo níquel, molibdeno y vanadio.
- 9). Las piezas de forja pueden ser de acero al carbono sin aleación, pero en aplicaciones de servicio pesado, se emplean a menudo aceros aleados de diversos tipos.
- 10). Los recortes de forjado variarán, por supuesto, en análisis, dependiendo de las partes de fabricación o fabricadas.

11). Pequeñas partes de acero que han tenido una cantidad considerable de -- operaciones de mecanización, están hechas de aceros de fácil trabajo, - conteniendo azufre en cantidades de 0.80% a 0.30%. Tales aceros son generalmente altos en manganeso, a menudo hasta el 1.50%. Un gran porcentaje de tales partes en la pedacería de acero deberá, por lo tanto, ser vista con suspicacia.



COMPOSICION TIPICA DE VARIOS TIPOS DE CHATARRA

	C	Si	Mn	S	P
Cilindros Auto motrices	3.30-3.60	2.40-2.60	0.50-0.70	0.10-0.13	0.20-0.30
Pistones	3.25-3.55	2.20-2.40	0.50-0.70	0.09-0.12	0.10-0.20
Platos Clutch	3.10-3.40	1.90-2.10	0.50-0.70	0.09-0.12	0.10-0.20
Monoblock Cabe zas	3.10-3.40	2.10-2.30	0.50-0.70	0.10-0.13	0.10-0.20
Artículos Sani tarios	3.40-3.60	2.30-2.50	0.40-0.60	0.10-0.15	0.40-0.60
Radiadores	3.40-3.60	2.30-2.50	0.40-0.60	0.10-0.15	0.40-0.60
Maquinaria --- Agrícola	3.10-3.40	2.40-2.60	0.50-0.70	0.10-0.15	0.30-0.40
Parrillas de - Estufa	3.40-3.60	2.30-2.50	0.40-0.60	0.10-0.15	0.40-0.60
Maquinaria	3.20-3.60	1.80-2.40	0.50-0.80	0.10-0.15	0.10-0.40
<u>ACERO</u>					
Estructural	0.15-0.30	0.10-0.25	0.50-0.70	máx. 0.05	máx. 0.04
Forjado	0.08-0.60	0.10-0.25	0.30-0.90	máx. 0.05	máx. 0.04

C) COQUE.

Para un mejor entendimiento de los problemas del control del cubilote, es necesario familiarizarnos con los efectos de las propiedades físicas y químicas del coque.

Pruebas Físicas.

Las pruebas de propiedades físicas comprenden tamaño, resistencia, dureza, peso volumétrico, densidad y volumen del espacio entre celdillas o porosidades que están ahora cubiertos.

Tamaño.

El tamaño y distribución de tamaños de coque que entran al cubilote es uno de los mayores factores en el control eficiente de la operación del cubilote. La caída a presión a través de la cama de coque y las reacciones químicas que ocurren en las diversas zonas dependen del volumen vacío y de la superficie expuesta. Como puede verse en la tabla, estos factores están directamente relacionados tanto con el tamaño como con la distribución del mismo.

El tamaño apropiado para la operación del cubilote es aún cuestión de debate, ya que cada fundición tiene diferentes requerimientos, sin embargo, en general, parece ser más satisfactorio un tamaño promedio entre 1/12 y

1/10 del diámetro interior del cubilote. Bajo ninguna circunstancia deberá entrar en la carga del cubilote coque de tamaño más pequeño que 25 mm.

Resistencia.

El criterio práctico de la resistencia es la posibilidad o habilidad del coque para que llegue a su destino final (el cubilote) en su tamaño originalmente especificado.

Los datos de la prueba de troceado o estallamiento del coque, según muchas especificaciones, parecen constituir una íntima indicación de la resistencia del coque, comparadas con pruebas reales hechas en el cubilote, muestran lo que puede esperarse del coque cuando es vaciada la carga en el cubilote y está sujeto al impacto del metal contenido en la misma carga.

La resistencia de un coque que proceda de una mezcla de carbón dada, puede ser elevada por medio de un molido más fino y una mejor distribución del contenido de cenizas. Las temperaturas de carbonización excesivas causan fisuras en las estructuras del coque y pérdidas serias de resistencia en las piezas más grandes.

Dureza.

Esta propiedad se mide mecánicamente en una prueba de volteo o "tambor"-

La prueba de volteo o "tambor" es esencialmente una combinación abrasión e impacto y no ha sido que sea tan satisfactoria como la prueba de troceado en la caída para dar idea del comportamiento del coque en el cubilote. La significación de los resultados está, por lo tanto, sujeta a una considerable duda.

Densidad a Granel.

El peso por metro cúbico, o densidad a granel, es una relación importante, especialmente al estimar la capacidad de almacenamiento y cuando se hacen a la carga adiciones por volumen. Varía con la gravedad específica aparente, tamaño, forma y contenido de humedad del coque.

En los casos en que se vigila el tamaño del coque de la fundición bajo normas estrictas, su densidad varía entre 385 y 432 kg/m³ (24 a 27 lb/ft³).

Sin embargo, el mismo coque con una amplia y variedad en tamaños mezclados puede tener densidades hasta 30% mayores, debido a que las piezas más pequeñas llenan los huecos entre las grandes. Para el mismo tamaño, contenido de humedad y de cenizas, se estiman deseables densidades de masa más elevadas como indicativas de un coque más denso y menos reactivo. En la práctica, sin embargo, los valores más altos son generalmente indicativos de mala distribución en tamaños o contenidos de humedad más elevada.

Porosidad y Gravedad Específica.

Entre los fundidores se considera que la porosidad guarda una relación importante con las características de combustión y deberá ser con preferencia menor del 50% para cumplir con la necesidad del coque denso de celdillas pequeñas. La cantidad de comunicación de los poros interiores con la superficie o permeabilidad de la piedra de trozo, puede ser un factor en la relación de porosidad y reactividad con el bióxido de carbono.

La gravedad específica aparente de los coques de fundición varía de 0.80- a 1.05. En general decrece al crecer el porcentaje de carbón de bajos volátiles contenido en la mezcla inicial y aumenta con la temperatura de carbonización y grado de pulverización de la carga en el horno del coque. La gravedad específica real es una medida del material que forma las celdillas y varía normalmente desde 1.9 a 2.0 para coques de fundición. El valor aumentará en el contenido de cenizas, tiempo de carbonización y contenido de carbón fijo.

A causa de la diversidad de factores que pueden influir sobre la porosidad y sobre las gravedades: específica, aparente y/o real, la interpretación arbitraria de los resultados puede conducir a errores. Por esta razón, su significación en la operación o especificaciones para el cubilote es dudosa.

Estructura Celular.

A igualdad de los factores, en el coque de fundición parece ser deseable una estructura celular densa, sin embargo, el método de prueba no ha sido normalizado y generalmente se usa.

Pruebas Químicas.

Las determinaciones químicas incluyen generalmente los de humedad, materias volátiles, carbón fijo, cenizas, azufre y fósforo.

Humedad.

La humedad es un contaminante físico del coque de fundición que reduce el poder calorífico del combustible en relación con la cantidad contenida. Por esta razón debe darse una tolerancia en cuanto a la humedad al calcular las cargas del coque, aún cuando ello tenga poco o ningún efecto metalúrgico a causa de que desaparece rápidamente en la operación del cubilote. El contenido de humedad depende principalmente del tamaño de coque y aún cuando en mucha menor extensión de la estructura celular, a causa de que por lo general las celdillas no son continuas.

El coque de tamaño mayor a causa de la mucha menor superficie expuesta -

por unidad de peso, contiene generalmente menos humedad que los tamaños menores bajo condiciones similares. Al enfriarse la superficie de los trozos de coque grandes el calor residual evapora la humedad superficial, por el contrario, los trozos pequeños se enfrían completamente y la humedad puede acumularse sobre la superficie y en las fisuras.

La humedad está presente en el coque principalmente por su exposición a la lluvia, ya sea en los carros de ferrocarril o en su almacenamiento, la cantidad de humedad absorbida generalmente lo es en un 2 a 3%, a no ser que la lluvia se prolongue indefinidamente o el coque se degrade fuertemente a causa del manejo.

Las manchas cafés o iridiscentes que se ven a veces en el coque que ha estado expuesto a condiciones de humedad, tiene su origen en la oxidación superficial o en los compuestos ferrosos y no debe considerarse como indicación de calidad inferior.

MATERIAS VOLATILES.

Existe alguna duda en cuanto a la significación de los resultados del análisis de materias volátiles obtenidos por el procedimiento anterior ya que es difícil saber si un coque mantenido durante varias horas a temperaturas en exceso de 1,000°C, puede soltar materias volátiles adicionales, aún después de haber calentado durante 7 minutos a 950°C. Valores -

hasta de aproximadamente un 1% de los así obtenidos son probablemente -- más indicativos de gases absorbidos y complejos superficiales de oxígeno que de materias volátiles reales.

El comité para análisis de carbón y coque de la A.S.T.M. está re-exami-- nando actualmente este procedimiento. Las pruebas efectuadas sobre un - mismo número de coques satisfactorios para la fundición mostraron valo - res de 0.73 a 1.25% de volátiles encontrados en cierto número de coques - de fundición comerciales fue de 0.9%. Los valores significativamente más altos que éstos son probablemente indicativos de mala coquización. El - contenido promedio de volátiles de nuestra grande no es siempre un crite - rio confiable de posibles dificultades con coque "verde", ya que la car - ga puede estar bien coquizada en las paredes (del horno), pero la falta - de coquizado en el centro si la carga del horno es extraída demasiado -- pronto.

Las variaciones fuertes en contenido de volátiles de un solo trozo de co - que del extremo cercano a las paredes o "coliflor", con respecto al cen - tro del horno de coquización son indicativas de un período de extracción demasiado rápido. El coque de coquización o "verde" es más reactivo que - el coque normal, y es detrimental para un control y operación satisfacto - rios en el cubilote, especialmente si está mezclado con coque normal en - cantidades variables.

CENIZAS.

El contenido de cenizas es la porción no combustible del coque, como resultado de las materias minerales presentes en el carbón del que se hace el coque, varía tanto como en cantidades como en composición y se cree que tiene influencia en la combustibilidad del coque su eficiencia durante la fusión y por consiguiente la operación del cubilote. El valor del coque como combustible se reduce según aumenta el contenido de ceniza. La ceniza del coque es una de las fuentes de escoria en el cubilote y por lo tanto, tiene una influencia sobre la cantidad de componentes fundentes que deben ser añadidos a la carga del cubilote.

Los fabricantes de coque hacen toda clase de esfuerzos para mantener el contenido de cenizas de su producto tan bajo como sea posible, si es necesario emplear carbones de alto contenido en cenizas, generalmente precede a la carbonización un proceso de limpieza. El contenido de cenizas de los grados comerciales de coque de fundición varía normalmente del 8 al 12%.

CARBON FIJO

El contenido del carbón fijo del coque es interpretado generalmente como un índice de su valor como combustible a causa de que es la única porción del combustible que contribuye realmente a proporcionar calor útil-

durante la operación de fusión. Sin embargo, deberá hacerse notar que un contenido elevado de carbón fijo, indicativo de un buen valor como combustible puede ser mitigado por una estructura pobre, por alta reactividad y por tamaño pequeño.

FOSFORO.

El fósforo está presente en la ceniza en cantidades que varían alrededor del 0.01% del coque por peso. Al igual que el azufre, es absorbido por el hierro durante la fusión. Con mezclas ordinarias de hierro gris que lleven un 0.15% o más de fósforo, la absorción durante la fusión en el cubilote no es relativamente de importancia. Sin embargo, en la producción de metal de bajo fósforo, tal como en la práctica del convertidor en aceros, la absorción de fósforo del coque puede ser un factor determinante en el cumplimiento de las especificaciones.

AZUFRE.

El azufre absorbido por el hierro fundido en el cubilote varía casi directamente con el azufre del coque. A este respecto, el azufre se comporta en forma parecida al carbono, excepto por el hecho de que la absorción del carbono es más alta a temperaturas elevadas, mientras que la absorción de azufre es generalmente más alta a temperaturas bajas. El contenido de azufre del coque de fundición será, probablemente, menor de 0.8% .-

Con esta proporción de azufre presenta con el coque, la absorción de azufre por el metal será alrededor del 0.04% en operaciones normales. El exceso del coque tenderá, por supuesto a aumentar esta relación.

Las pruebas han indicado una mayor absorción de azufre en los tamaños menores del coque y la absorción es generalmente mayor en el cubilote profundo. Ambos resultados pueden ser atribuidos a temperaturas más bajas en las porciones superiores del cubilote. La absorción de azufre es generalmente mayor en coques blandos o en coques con tiempo de coquización menor que el normal. La forma en que está el azufre en el coque también parece ser importante, puesto que un coque que tenga una ceniza que retenga más azufre parece producir hierro de contenido de azufre más bajo.

D) CALIZA.

Las adiciones de fundentes son necesarias para un funcionamiento continuo y eficiente del cubilote, ya que un fundente es una substancia que baja el punto de fusión y mejora la fluidez de la escoria producida naturalmente durante la operación de fusión.

Piedra Caliza.

Las piedras caliza es una roca natural básica que contiene principalmente, carbonato de calcio. En las zonas de precalentamiento del cubilote se

desprende gas CO-2, quedando el óxido de calcio (CaO) o cal como constituyente fundente activo. A causa del CO-2 presente, la más pura caliza contiene teóricamente solo el 56% de óxido de calcio.

Muchas piedras calizas contienen pequeñas cantidades de sílice, óxido de hierro, alúmina, magnesia y posiblemente trazas de otros óxidos. La magnesia y alúmina no causan ningún daño puesto que también mejoran la fluidez de la escoria. Cualquier cantidad de sílice presente como impureza reduce fuertemente la efectividad del fundente. Puesto que se necesita cal para fundir un exceso de sílice, una buena caliza debe contener menos del 2% de sílice.

Una caliza potencialmente buena, puede ser contaminada con lodo o arena, o puede contener ocasionalmente trozos de pizarra o esquistos, los cuales son altos en sílice. A veces una caliza buena se contamina dentro de la fundición durante el manejo o el almacenamiento. Deberá evitarse tal contaminación física. Las fundiciones más cuidadosas, inspeccionan, muestran y analizan las impurezas de cada carro recibido, especialmente en lo que se refiere a la sílice.

Las conchas de moluscos, margas o arcilla calcárea y creta, son todas ellas fuentes de óxido de calcio que pueden ser empleadas si se obtienen más fácilmente que la piedra caliza.

La calcita es una forma mineral de carbonato de calcio y puede ser empleada como fundente, aunque normalmente cuesta más y la diferencia en rendimiento es relativamente mayor, así es que desde el punto de vista práctico con una buena clase de piedra caliza o de dolomita esto se resuelve. La aragonita es también un mineral puro, pero se fractura en piezas muy pequeñas durante el calentamiento y las partículas menores de 3mm. tienden a ser sopladas hacia arriba en el cubilote, por lo tanto no es apropiada para su uso en el cubilote.

Dolomita.

La dolomita es una roca natural muy similar a la piedra caliza. Contiene una combinación de carbonato de magnesio y carbonato de calcio para muchos objetos prácticos, el óxido de magnesio es comparable al óxido de calcio como fundente y bajo ciertas condiciones la combinación parece ser más efectiva. Algunos operadores de cubilotes ácidos prefieren la dolomita a la piedra caliza. En algunas de las escorias altamente básicas se prefiere la piedra caliza ya que se tiene suficiente magnesio de los refractarios.

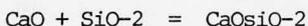
Las calizas dolomíticas son piedras que contienen algún carbonato de magnesio, pero están formadas, predominantemente, de carbonato de calcio.

Acción de la Caliza y la Dolomita.

Cuando la caliza o la dolomita se calienta a una temperatura aproximada - de 800°C (1,472°F), comienzan a disociarse o calcinarse para formar óxido de calcio y/o de magnesio (CaO-MgO), desprendiéndose anhídrido carbónico- (CO-2), de acuerdo con la reacción.



La reacción es endotérmica, absorbiendo 437 Kcal por Kg. de CaO-3. La reacción fundente de cal con sílice, para formar silicato de calcio:



comienza solo después de la descomposición de la piedra en óxido, su forma reactiva y después del contacto con la sílice.

Régimen de Descomposición.

La calcinación comienza en la superficie de la pieza de piedra y procede hacia el centro en una zona muy angosta, el límite de fase entre CaCO-3 y CaO, a un régimen de calcinación aumenta con cada grado de temperatura - arriba de 800°C (1,472°F), pero varía ampliamente entre piedras de análisis similar, siendo en general más rápida en las piedras más porosas y -

más lenta en las piedras más densas.

La dolomita, que contiene alrededor del 45.5% de carbonato de magnesio comienza a descomponerse a 350°C (662°F). En la zona de temperaturas más bajas la reacción tiene lugar a un régimen más rápido que en el caso de caliza o de piedra de alto calcio, quedando generalmente entre los dos regímenes para piedras dolomíticas.

Se reconocerá por lo anterior que el tiempo requerido para la completa calcinación de las piedras fundentes, cualquiera que sea su densidad o composición varía directamente con el tamaño de la piedra. En otras palabras, a una misma temperatura, una piedra que pase por malla de abertura-13 mm. se descompondrá en forma reactiva (CaO) en una cuarta parte del tiempo necesario para una piedra que pase por arriba de 51 mm de abertura.

Comportamiento en el Cubilote.

En general, las piedras dolomíticas porosas o de alto calcio, de peso ligero, no solo se descomponen a óxido más rápidamente que los tipos más densos, sino que la forma calcinada es más suave y desmenuzable y se quiebra o tritura a causa del movimiento del coque y del hierro al ir bajando en el cubilote. Así pues, con la piedra más porosa y con la menor de tamaño, a causa de la mayor superficie y más rápida descomposición, la acción del fundente tiene lugar en regiones más altas del cubilote y las reacciones tienen lugar a un régimen más rápido. Por el contrario, siempre se -

pierde fundente en mayor cantidad en forma de polvo de cal y esta pérdida será más alta, proporcionalmente, con piedra suave, porosa o de tamaño muy pequeño.

Por lo anterior se puede ver como pueden afectar el tamaño y clase de piedra a la acción fundente en el cubilote y por lo tanto, la influencia sobre las condiciones de fusión y en general, las operaciones del cubilote. Por lo tanto, es evidente que para mejores resultados, deberá controlarse el tamaño de la piedra fundente de acuerdo con sus características de calcinación, profundidad de la carga del cubilote, velocidad de paso a través del interior del mismo y las temperaturas que existen en él a diferentes alturas hasta la zona de fusión.

Tamaño de la Caliza.

Generalmente se considera como más satisfactoria para su empleo en el cubilote de la caliza, de tamaño menor de 5 cms. y mayor de 2 cms. En algunos cubilotes muy grandes ha probado ser satisfactoria la caliza hasta de 8 cms., aún cuando hay mayor peligro de una calcinación demasiado baja como para ser efectiva. En algunos cubilotes de tamaño pequeño (menor de 914 mm de diámetro interior) se prefiere caliza entre 6 y 25 mm. El peligro de pérdida por soplado fuera del cubilote aumenta según el tamaño, se aproxima y baja de 6 mm.

Carburo de Calcio.

El carburo de calcio (CaC-2) es producido partiendo de cal y coque en hornos eléctricos que operan en las cercanías de 2,200°C (3,992°F). El carburo fundido es vaciado en lingotes, enfriado y triturado al tamaño deseado. Algunos de los tamaños obtenibles comercialmente que son apropiados para el uso en el cubilote son:

<u>DESIGNACION DEL TAMAÑO</u>	<u>LIMITES DE TAMAÑO, CMS.</u>
Piedra	9 x 5
Huevo	5 x 1.3
Nuez	3.2 x 1.0

Los análisis siguientes pueden ser considerados como típicos del carburo-comercial:

CaC-2.....	78.4%
CaO	16.1%
MgO	0.2%
Al-2O-3.....	1.5%
SiO-2.....	1.9%

Son necesarias ciertas precauciones en el manejo y almacenamiento del carburo y las personas que manejan este material deberán estar perfectamente

familiarizadas con las prácticas de seguridad con respecto a su uso. El carburo reacciona con el agua para formar acetileno, que es explosivo si se encierra e inflama. No se ha encontrado ningún peligro en el uso de este material en el cubilote abierto. Los únicos peligros están en su almacenamiento.

El carburo ha sido usado con efectividad en algunas operaciones del cubilote básico. El carburo, con la caliza y el espato flúor, hacen posible un contenido bajo de azufre, hierro perfectamente desoxidado, lo que es muy aconsejable en el tratamiento del hierro nodular.

Frecuentemente justifican el costo del carburo, las reducciones en las cantidades de aleaciones nodulizantes.

Temperatura del metal más elevada mayor absorción del carbono y la desulfuración mejorada que se obtienen por el empleo de carburo hacen a veces costeable emplear materiales de carga de más bajo costo, en cuyo caso -- los ahorros justifican sobradamente el costo de los fundentes especiales.

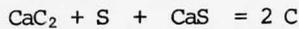
En el cubilote ácido ha sido empleado con efectividad un pequeño porcentaje de carburo para corregir los períodos de bajos carbones a baja temperatura. Puede tenerse una cierta desulfuración, pero la eficiencia está reducida por la reacción con la escoria ácida, puesto que el carburo aumenta la basicidad de la escoria, puede ser conveniente reducir la cantidad de piedra caliza si se emplean grandes cantidades y se aumenta el-

ataque al refractario.

Al contrario de los otros fundentes secundarios, el carburo se funde en las capas altas de la carga, si no que solamente reacciona después de que ha llegado bastante abajo en la zona de fusión y entro de coque. Puesto que el carburo no se funde, su reactividad depende del contacto superficial con las gotas de metal y escoria que descienden. Por esta razón deberá darse un tiempo adicional para que el carburo se vuelva reactivo o bien se añadirá al carburo varias cargas antes de las cargas que van a ser tratadas.

Las reacciones del carburo salen fuera de las de un fundente, pero su función es muy parecida a la de un fundente especial.

El contacto de las gotas de metal que descienden a través de la carga son la superficie del carburo en la zona de fusión que resulta de la absorción del azufre del metal, impartándose carbono al hierro, reduciéndose el contenido de óxido de hierro del metal, contribuyendo como constituyente básico a la escoria e impartiendo calor a la gota de metal.



Las gotas descendentes de escoria son desoxidadas y hechas más básicas.

Parece ser que hay una cierta combustión del carburo con el aire, en su superficie.

E). MUESTREO DE FERROALEACIONES PARA LA DETERMINACION DE SU COMPOSICION QUIMICA.

Estos métodos incluyen procedimientos para el muestreo de ferroaleaciones, ya sea antes o después de su embarque en la planta de la fábrica. Están preparados para dar resultados representativos de cada lote y ser comparables con el análisis certificado por el fabricante.

Cuando se muestran ferroaleaciones, ocurren serios errores debidos a la contaminación de las muestras con metal proveniente de los implementos utilizados. Por tanto, deben tomarse precauciones especiales para quitar esta fuente de error. El hierro metálico puede eliminarse de las aleaciones no magnéticas, mediante un imán; su eliminación en otras aleaciones requiere procedimientos especiales. Para quitar este error, las de los pulverizadores y trituradores que entran en contacto con las muestras, serán de acero o de algún otro material que presente alta resistencia a la abrasión.

APARATOS PARA LA PREPARACION DE MUESTRAS.

Triturador. Un triturador es capaz de reducir trozos de 25.4 mm a tamaños

a tamaños de 6.35 mm o menores. Las placas trituradoras de esta máquina - deben ser de acero duro y resistente a la abrasión. Tal como acero al man - ganeso, acero aleado convenientemente endurecido.

Triturador de Rodillos. Estos rodillos deben estar ajustados con rodamien - tos de acero al cromo templado y revenido, a fin de quitar la contamina - ción de la muestra con hierro. Se emplea para reducir las partículas de - 6.35 mm a un tamaño que pase la malla DGN-2 y que sea retenido en la ma - lla DGN-840.

Separadores. Se prefiere el empleo de separadores Jones con respecto a - los métodos manuales para dividir las muestras. Se deben usar conductores - que tengan una abertura de 12.7; 25.4; 50.8 y 76.2 mm, los conductos de - 12.7 mm se deben usar para muestras con partículas hasta de 3.17 mm de ta - maño, los de 25.4 mm para partículas de 9.52 mm; los de 50.8 mm hasta de - 19.05 mm y los de 76.2 mm hasta de 50.80 mm. Los conductos deben ser de - tipo cerrado para reducir pérdidas de polvo. No se recomienda el uso de - conductos múltiples.

Mortero y Mano de Mortero.

Tanto el mortero como la mano de mortero deben ser de un acero aleado, -- convenientemente endurecido, para resistir las severas fuerzas de abra--- sión (Nota 1). Las dimensiones recomendables para el mortero son:

80 mm de altura exterior

75 mm de diámetro exterior

40 mm de diámetro interior y

60 mm de profundidad

El fondo deberá estar redondeado 13 mm.

La mano de mortero debe ser de 150 mm de longitud, 38 mm de diámetro y re
dondeado en la parte inferior, la parte superior de la mano debe ser ligera
mente más suave que el resto de la misma, a fin de disminuir la tendencia
a que se estelle. Tanto el mortero como la mano de mortero, después
de endurecidos, deben pulirse con papel abrasivo para eliminar toda la es
cama del óxido.

El pequeño claro entre la mano de mortero y las paredes del mismo, tiene-
por objeto reducir la pérdida de polvo. El equipo mecánico de pulveriza-
ción puede ser substituído por el mortero, ya que se ha demostrado en va-
rias pruebas que el uso de este equipo no afecta la composición de la ---
muestra o de cualquier material obtenido por este procedimiento.

NOTA 1. Por ejemplo:

Mortero y manos de mortero fabricados con acero de la siguiente composi-
ción, templados y revenidos adecuadamente, han dado resultados satisfactori
os:

C	0.60%
Mn	0.25%
P	0.02%
S	0.02%
Si	0.25%
Cr	1.25%
W	2.20%
V	0.10%

Después de maquinar el acero recocido de este grado a la forma usual y di mensiones, cada parte se calienta 760-800°C, se templa en un aceite mine- ral ligero y se reviene inmediatamente. La mano del mortero puede ser tra- tada para templar únicamente la parte inferior, permitiendo que la parte- superior se enfríe al aire, reviniendo después la porción templada.

Mallas.

Las mallas empleadas deben ajustarse a las especificaciones de la Norma - Oficial DGN-B-231 en vigor.

Preparación de Muestras.

Cantidades que deben ser consideradas como unidad para muestreo y análi-- sis. Cada embarque, excepto cuando haya sido acordado de otra manera ----

entre el fabricante y comprador, debe constituir una unidad para muestreo y análisis. Se recomienda que los embarques de cualquier aleación que excedan de 100 toneladas, sean divididas en lotes más pequeños para muestrearlos de acuerdo a algún plan que se adapte mejor al material y condiciones, de tal manera que tal colada o tal furgón se tome como unidad.

División de las Muestras.

En estos métodos, el término "división" se emplea para indicar la división de la muestra en dos partes aproximadamente iguales y de composición similar, como cuando se emplea el sistema de conductos.

Muestreo de Fundición Especular y Ferrosilicio al 15%.

La fundición especular se vacía generalmente en lingotes y se embarca a granel. Ya que esta aleación es muy dura, el muestreo se realiza más fácilmente durante la operación de vaciado del metal o la olla, o durante el colado a las lingoteras, tomando muestras de cuchara y vaciando el metal rápidamente a un molde diseñado para que solidifique rápidamente y produzca una probeta de prueba, libre de impurezas y que sea fácil de romper. El muestreo del metal en estado sólido es difícil y se efectúa mejor durante la carga o descarga, excepto cuando el material se carga de una bodega o se descarga por volteo. El procedimiento, por tanto, puede variar

para ajustarse a las condiciones, pero debe mantenerse siempre dentro de los siguientes requisitos:

Muestreo en Horno:

El comprador podrá convenir con el fabricante que el muestreo se efectúe en el horno, de tal manera que cada embarque o cada colada pueda constituir una unidad para muestreo y análisis. La muestra debe obtenerse recolectando muestras de cuchara del bebedero mientras el metal está fluyendo del horno, siempre y cuando el metal no se trate posteriormente de manera que cambie su composición; en tal caso, las porciones deben ser tomadas mientras el metal fluye de la olla a las lingoteras.

De cualquier forma, cuando menos dos muestras de cucharas deben tomarse de cada olla. Una cuando el primer tercio de la olla está fluyendo, la segunda, mientras fluye el último tercio. Cada muestra de cuchara debe tomarse evitando su contaminación con polvo o escoria, y el metal libre de impurezas debe vaciarse de inmediato a un molde limpio y delgado para obtener pequeñas piezas de un tamaño aproximadamente igual y que pueden ser fácilmente pulverizadas. Cuando la fundición especular se vacía en moldes de arena y el metal fundido se hace correr directamente a la plataforma de colado, las muestras deben tomarse del metal fundido y libre de escoria, vaciándolo en pequeños moldes.

Debe tomarse la muestra de manera que represente el metal que se está colando en cada camada de lingote. De las porciones obtenidas para que representen un embarque, se toman partes aproximadamente iguales y se combinan para formar una sola muestra, la cual no debe tener un peso neto menor de 200 grs. La muestra debe pulverizarse mediante un mortero y pasarse por mallas hasta que pase totalmente a través de la malla DGN-177. Si la muestra va a ser analizada en más de un laboratorio, se mezcla y se forma una pila cónica y se cuartea sobre papel glazine (Nota 2).

Las muestras así preparadas se mezclan completamente y se secan durante una hora a 105-110°C y se conservan, para su análisis, en frascos o botellas bien tapados, los cuales deben estar etiquetados con los siguientes datos: nombre del material, fabricante, fecha, colada o número de lote, número de Norma, etc.

NOTA 2.

Las muestras obtenidas frecuentemente se dividen en 4 porciones: una parte el comprador; una para el fabricante; una para un tercero si es necesario y una cuarta para reserva.

Muestreo de Formas Sólidas.

Cuando el material está en estado sólido, se puede tomar una muestra preliminar seleccionando al azar, a intervalos regulares, lingotes o piezas-

durante las operaciones de carga o descarga. No se debe efectuar un muestreo superficial sobre las estibas de material, ya que de esta manera no se obtiene una muestra representativa. Cuando se deban muestrear estibas, las piezas deben seleccionarse de acuerdo a un plan prefijado, que asegure el obtener un muestreo de puntos uniformemente distribuidos, aunque para ésto se requiera mover la totalidad o parte de las piezas de la estiba. Para lotes de 50 toneladas o más, se debe tomar un lingote o pieza por cada tonelada y para lotes pequeños, el número de piezas se aumentará proporcionalmente hasta llegar a 25 piezas para un lote de 10 toneladas, o 10 piezas para un lote de una tonelada.

Los lingotes seleccionados en esta forma deben romperse aproximadamente a la mitad por algún método conveniente y conservarse una de las mitades de cada lingote. De la superficie fracturada de estas mitades, se deben tomar porciones aproximadamente iguales por algún procedimiento adecuado, (por ejemplo, golpeando con un martillo o con un marro) teniendo cuidado al muestrear, que los trozos obtenidos no sean de las orillas, sino que provengan de la porción central y que ninguno sea de la corteza del lingote, ya que puede estar contaminado con arena o algún otro material extraño.

Los trozos obtenidos de los lingotes, se colocan en sobres según se vayan colectando y se pesan con exactitud de más o menos un gramo. Cada porción obtenida debe tener aproximadamente el mismo peso. Las porciones

obtenidas se combinan para formar la muestra y son alternativamente trituradas (preferentemente en un mortero de acero aleado y convenientemente endurecido) hasta que pasen por la malla DGN-3.4. Se deben obtener entre 285 a 425 grs. de la muestra triturada mediante un separador Jones y esta porción se pulverizará hasta que pase por la malla DGN-177. La pulverización de tamaños mayores se realiza mejor con un mortero de acero endurecido, pasando a menudo la muestra por la malla, a fin de conservar el tamaño de las partículas lo más cercano posible a las 177 micras y prevenir las pérdidas de polvo. La muestra pulverizada se mezcla sobre un papel glazine y se divide, si es necesario, colocándole una etiqueta y secándola antes de proceder al análisis, según se prescribe en el inciso 2.1.2.

Muestreo de Ferrosilicio, Ferromanganeso Normal, Silicomanganeso, Ferro -- fósforo y Aleaciones de 12 a 15% de Zirconio.

Las aleaciones de este grupo se embarcan tanto en trozos como pulverizadas a granel o en recipiente. Los lotes embarcados en furgón son generalmente a granel, excepto en el caso de partículas muy pulverizadas, las cuales se embarcan comúnmente en recipientes. Se requieren diferentes procedimientos para el muestreo de aleaciones en trozos o en forma pulverizada y el trabajo de muestreo se realiza más convenientemente durante la carga o descarga del material.

Aleaciones en Trozos.

Cuando se están muestreando embarques de este tipo, se deben separar trozos de más o menos el mismo tamaño, a intervalos regulares, de manera que cada trozo corresponda a aproximadamente 150 Kg. La muestra se debe ir acumulando a través de las operaciones de carga o descarga, a fin de que todas las partes del embarque queden representadas.

Si la aleación se encuentra en recipientes, uno de cada cinco deberá vaciarse y se toma un trozo representativo por cada 30 Kg. La muestra debe incluir también una parte representativa de la parte exterior del metal, trozos pequeños y partículas finas que pudieran estar presentes. De cada uno de los trozos grandes, se deben obtener 3 piezas pequeñas, cada una de 20 mm de tamaño, tomadas de los lados opuestos y una del centro del trozo, las 3 piezas constituyen una sección transversal parcial del trozo.

Los trozos pequeños junto con una porción representativa de las partículas finas presentes, deben combinarse y triturarse hasta pasar una malla de 6.35 mm. Se deben obtener cuando menos 15 Kg. de muestra triturada por medio de un separador Jones y cuando menos la cuarta parte debe pasarse por rodillos hasta que pase la malla DGN-2. De esta muestra se obtendrá una porción de 170 a 225 grs. por medio del separador Jones (una mayor cantidad cuando se requiere más de una prueba) evitando la pérdida de polvo. La muestra pulverizada se vaciará sobre un papel glazine, se mezcla -

completamente y se divide por cuarteo si es necesario (Nota 2); se seca-- durante una hora a 105-110°C y se conserva en frascos o botellas bien tapados.

Aleación Pulverizada.

Un recipiente por cada cinco de los que forman el embarque se debe abrir y vaciar. Una muestra representativa, tanto de los trozos como de las partículas se tomará de cada uno de los recipientes que se hayan vaciado, -- para obtener una muestra combinada de aproximadamente el 1% del peso del lote o embarque; esta muestra se compondrá de cantidades iguales de las - muestras tomadas de todos los recipientes muestreados. Si el material viene a granel, se toma una porción representativa mediante una pala o cuchara a intervalos regulares durante la carga o descarga, hasta acumular una muestra de aproximadamente el 1% del peso del lote.

La muestra del 1% se mezcla y se divide una vez si su peso se encuentra - entre 100 y 150 Kgs. o dos veces si pesa más de 150 Kgs. La porción que - se reserve, se pulveriza hasta que pase una malla de 25.4 mm (a menos que los trozos mayores no lleguen a 25.4 mm), se divide otra vez y se pulve-- riza a que pase una malla de 6.35 mm. La preparación de la muestra se termina como se describe para el material de 6.35 mm en el inciso 2.1.4.

Muestreo de Ferrocromo Alto Carbono, Ferrromanganeso Bajo Carbono, Ferro - manganeso Medio Carbono, Silicio Metálico, Calciosilicio y Aleación de - Zirconio de 35 a 40%.

Estas aleaciones se embarcan tanto en trozos como en forma pulverizada y usualmente en recipientes.

Aleaciones en Trozos.

Uno de cada cinco recipientes se vacía. Las piezas de 13 a 20 mm se deben romper y se toma una porción regular de partículas finas que pudieran estar presentes. La muestra obtenida debe estar formada por una pieza por cada 25 Kgs. de aleación. La muestra acumulada se debe mezclar y reducir en tamaño como se describe en el inciso.

Aleación Pulverizada.

La aleación pulverizada (material de 51 mm o menos en tamaño) debe muestrearse como se describe en el inciso 3.4.3., con la excepción de que se toma una muestra representativa del 10% de cada recipiente que se abra, a manera de obtener, al final, una muestra del 2%, la cual debe mezclarse y dividirse una vez a la mitad. Para lotes menores de 10 toneladas, se omitirá la división de la muestra. La porción que se conserve se debe pulverizar a que pase por una malla de 25.4 mm (si es que está arriba de -

este tamaño) en un pulverizador con placas de acero al manganeso bien pulidas y se pasa a través del separador Jones para obtener una muestra de aproximadamente 50 Kgs. Esta porción se pulveriza para que pase una malla de 6.35 mm, se divide dos veces y la porción se pulveriza para que pase por una malla DGN-2. Se reservan entre 170 y 225 grs. de muestra pulverizada por medio de un separador Jones y esta porción se prepara para análisis como se describe en el inciso 3.4.2.

Para lotes mayores de 10 toneladas, se pulveriza un porcentaje de un poco más pequeño de trozos, mientras que para lotes pequeños debe aumentar ligeramente el porcentaje para tener una cantidad adecuada de muestra para el mezclado y cuarteado.

Muestreo de Ferrocromo Bajo Carbono.

El ferrocromo bajo carbono se embarca tanto en forma pulverizada como en forma de trozo, a granel o en recipientes. La aleación generalmente contiene aproximadamente 70% de cromo y tiene un contenido de carbono que varía de 0.06 a 2.0% de acuerdo con el máximo especificado. La dureza característica de este material, particularmente para los grados de bajo carbono, hace que sea más difícil que en cualquiera otra forma de las ferroaleaciones al obtener una muestra adecuada. En vista de la gran importancia de determinar con exactitud el contenido del carbono, se debe tomar el máximo cuidado para evitar la contaminación con fragmentos de acero de las herramientas que se usen.

Cuando la aleación viene en trozos, una pieza o piezas que representen - una sección transversal completa del vaciado original, se debe tomar de diferentes puntos distribuidos para obtener una muestra representativa - de aproximadamente el 1% del peso del lote. Las piezas tomadas de la --- sección transversal deben ser lo más uniforme que sea posible en tamaño.

Cuando la aleación está en forma pulverizada y en recipientes, un reci - piente de cada cinco se debe vaciar y se toma suficiente material para - obtener una muestra representativa de aproximadamente el 1% del peso del lote. Para embarque a granel, se toman porciones representativas con una pala a intervalos regulares durante la operación de descarga, hasta acu - mular una muestra del 1%.

Cuando la aleación está en forma pulverizada y en recipientes, un reci - piente de cada cinco se debe vaciar y se toma suficiente material para - obtener una muestra representativa de aproximadamente el 1% del peso del lote. Para embarque a granel, se toman porciones representativas con una pala a intervalos regulares durante la operación de descarga, hasta acu - mular una muestra del 1%.

La muestra del 1% del lote se debe pulverizar a que pase por una malla - de 25.4 mm (si es mayor de este tamaño) en un pulverizador provisto de - placas de acero al manganeso y se pasa dos veces por el separador Jones.

La parte cuarteada resultante debe ser pulverizada a que pase por una malla de 12.7 mm y se pasará una vez más por el separador Jones. Posteriormente, la muestra se pulverizará a pasar por una malla de 6.35 mm y se -pasa tres veces más por el cuarteador Jones. La porción resultante que -será una octava parte de la muestra, se reducirá de tamaño a que pase -por una malla DGN-3.4, se pasa nuevamente por el separador Jones hasta -obtener un peso de 170 a 225 grs. y esta cantidad se pulverizará a que -pase por la malla DGN-590, efectuándose esta operación en un mortero de-
acero aleado y probando frecuentemente el tamaño de las partículas a fin de mantener la muestra lo más uniforme posible en tamaño. La muestra pulverizada debe mezclarse totalmente sobre papel glazine y se divide si es necesario (Nota 2), se seca durante una hora a 105-110°C y se conserva -en botellas o frascos bien tapados.

Muestreo de Ferrovandio, Ferronolibdeno, Ferrotungsteno, Ferrocumbio, Ferrotitanio, Ferrozirconio y Ferroboro.

Estas aleaciones se embarcan en recipientes ya que son materiales de alto precio. Así pues, es importante que la muestra sea totalmente repre--sentativa, sin importar la cantidad de material de que se trate.

Embarque de 10 000. Kilos o Menos de Peso.

Todos los recipientes de un embarque deberán vaciarse para formar una pila en forma de cono. La pila se muestreará por medio de una pala, el peso de la muestra representativa se ajustará según el tamaño de los --

trozos de la aleación. Para lotes de más de 4 000.0 Kilos se conservará el contenido de una pala por cada 4 que se tomen.

Si el lote pesa de 4 000.0 Kilos menos, se conserva el contenido de una pala por cada 2 ó 3 de las que se tomen, de manera que se obtenga una muestra un poco mayor que las cantidades que se especifican después. La muestra obtenida de esta manera se coloca formando una pila cónica y se divide otra vez mediante una pala. Este procedimiento se debe repetir si es necesario, ya que el peso de la muestra se reduzca a 1.0 Kilo para materiales de 65 mm; 125 Kgs. para materiales de 25 mm o de 50 Kgs. para aleaciones pulverizadas a un tamaño de 7 mm. En el caso de material de 7 mm. En el caso de material de 7 mm debe mezclarse y pasarse por un separador Jones hasta llegar a 25 Kilos, pero las muestras más grandes de tamaño deben pulverizarse y dividirse como se indica a continuación:

Material de 25 mm.

La muestra de 125. Kgs. se pulveriza en un triturador provisto de placas de acero al manganeso, hasta que pase una malla de 6.35 mm. Después de mezclarlo totalmente, formando una pila cónica cuando menos 3 veces, se pasa por un separador Jones hasta obtener aproximadamente 25 Kilos.

Material de 7 mm.

La muestra de 25 Kilos de 7 mm obtenida en el mezclado y reducción de --

la muestra original de 65 mm ó 25 mm, o bien obtenida de la división de la muestra de material de 7 mm, debe, posteriormente, pulverizarse en un triturador de rodillos, hasta que pase por la malla DGN-2 y se mezcla totalmente, formando una pila cónica y pasándola por un separador Jones hasta tener de 5 a 7.5 Kilos se pulveriza para que pase por una malla -- DGN-840 y se divide en el separador Jones hasta obtener una muestra de -- 0.5 Kilos. Esta muestra se mezcla formando una pila cónica y se divide -- mediante un separador Jones, en 4 porciones de aproximadamente 125 grs.- cada una; 3 de estas porciones se guardarán como reserva y una se pulve- riza en mortero a tamaños que sen retenidos entre las mallas DGN-177 y - DGN-149. La muestra pulverizada se seca durante una hora a 105-110°C, se vacía sobre el papel glazine y se mezcla totalmente, se divide si es ne- cesario (Nota 2) por cuarteo y se conserva en botellas o frascos bien ta- pados.

Embarques de 10 000.0 Kilos.

Cuando el embarque exceda de 10 000.0 Kilos, se dividirá tan exactamente como sea posible en lotes de 10.0 Kilos o fracción, cada uno y las mues- tras de 0.5 Kilos obtenidas de este lote, se deben combinar y mezclar -- totalmente cuando menos 3 veces, formando pilas cónicas. La muestra se - divide por medio del separador Jones hasta obtener una muestra de 800 - grs. que será dividida y pulverizada.

CAPITULO IV

CONTROL DE CALIDAD EN EL METAL BASE

Cualquier metal estando dentro de los rangos de carbón, azufre y silicio puede ser usado. La técnica de fusión deberá ser, que el metal esté caliente es decir que la temperatura del metal sea de 2,800° temperatura, a la cual tendrá mejor acción el sulfurante de carburo de calcio. El tapón que se encuentra poroso en la cuchara deberá ser precalentado y deberá estar libre de gotas de metal. Esto es verdaderamente importante, porque el metal se enfriará en el centro de la cuchara y tapaná el tapón.

El metal sangrado del horno y durante su salida fluye la corriente de nitrógeno a través del tapón poroso y se empieza a reducir la presión a más o menos 15. p. s. i. Si la inyección del nitrógeno durante el sangrado, se reduce el tiempo para desulfurar.

El Carburo de Calcio es más conveniente añadirlo poco a poco durante el sangrado. Este también puede ser arrojado en la cuchara, el punto de precaución es el de prevenir que el carburo inactivo vaya a mentir en el baño y fundiéndose dentro de terrones el cual no podrá ser roto, desbaratando durante el período de la inyección del nitrógeno. La cantidad de carburo de calcio es del 1.1-2% del peso del material tratado.

Tan pronto como la cuchara esté llena, el flujo de gas deberá ser aumentado-

hasta su valor normal de 35 p.s.i. 40 p.s.i. y el flujo deberá ser de 6 a 8 - pies cúbicos por minuto

El flujo deberá ser continuo por un período de 2 minutos después de que la cuchara esté llena.

Las adiciones para carburizar adiciones de Silicio y adiciones de aleaciones necesarias para el ajuste de la composición química requerida, deberá ser añadido directamente a la cuchara durante el sangrado de modo que ellos terminarán finalmente por incorporarse al metal durante el período de la inyección - de nitrógeno.

Después de 2 minutos de flujo de gas éste es suspendido y la cuchara será limpiada y se removerá la escoria. La corriente de gas se iniciará nuevamente y una vez que tenga el flujo requerido se agregará el agente nodulizante directamente sobre la parte superior del metal. Esta corriente será de cerca de 20 seg. ó hasta que la flama del magnesio desaparezca, esto deberá ser en un - - tiempo no mayor de 40 seg., si la aleación es correcta en medida y tiene la - composición correcta.

El metal esta ahora listo para ser limpiado y vaciado en los moldes.

El Silicio para grafitizar si es necesario ajustar la composición del análisis químico final, deberá ser añadido con la aleación nodulizante de tal forma que es aconsejable hacer pasar nuevamente la corriente de gas cuando la nodulización es completa.

La escoria del carburo cuando es removida de la cuchara deberá ser mojada de inmediato o bien ser conducida fuera a un sitio donde pueda ser mojada antes de ser acumulada en grandes cantidades. El agua en la escoria produce un gas de acetileno el cual no presentará problemas de explosión.

Qué hacer y cuándo hacerlo es algo necesario para una operación eficiente y con éxito del cubilote. Sin embargo a causa de las muchas variables en la operación del cubilote, debe haber también algún medio para verificar y regular lo que se está haciendo, con objeto de aplicar éste conocimiento con inteligencia.

Los métodos de control generalmente empleados pueden ser divididos en dos clases representativas: Pruebas en la Fundición por medio de Cuñas, Pruebas en Laboratorio por medio de análisis químicos, la amplitud de uso de estos controles es primordialmente en asunto de economía.

Los controles deben ser precisos para ser de valor, si no lo son, habrá una desviación en lugar de un control, y la desviación puede hacer más daño que la falta de control.

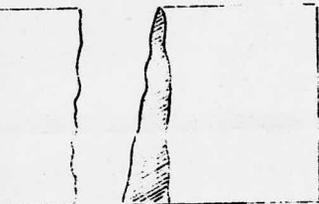
a) Por Medio de la Cuña.

El valor de las pruebas de la cuña, como ayuda para el control de la calidad del hierro está reconocido desde hace tiempo por los fundidores.

El equipo requerido es relativamente sencillo y barato, la habilidad en la -

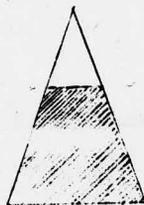
mensiones probeta de temple

L



Profundidad de temple

H



B

BASE (B) mm	ALTURA (H) mm	LONGITUD (L) mm	DURACION PRUEBA
6	11	57	35 segundos
12.5	22	101	40 "
19	38	127	1 minuto
25	57	127	1½ "



manipulación se adquiere rápidamente, y la prueba en sí se hace con rapidez. Sin embargo, la interpretación de la información presentada por la prueba de endurecimiento superficial requiere juicio y experiencia.

La importancia del control por medio de éstas pruebas es subestimada con frecuencia. Un control efectivo de la calidad es prácticamente imposible en la ausencia de un programa constante de prueba de endurecimiento. La prueba de endurecimiento se hace vaciando una pequeña pieza diseñada de tal manera que se forma hierro blanco en la parte que se enfría más rápidamente y hierro -- gris en la parte que se enfría más lentamente y hierro moteado entre las dos. Tal pieza, puede obtenerse por medio de una prueba de enfriamiento, por el uso de un tipo de molde en forma de cuña en donde el extremo delgado de la cuña sea lo suficientemente delgado como para que solidifique como hierro -- blanco. La profundidad y el ancho del endurecimiento en la cuña se mide en números enteros que representan la profundidad y anchura en 32° de pulgada.

El molde para vaciar las piezas de prueba de endurecimiento superficial se hace generalmente con arena aglomerada con aceite, resina y puede ser diseñado como un corazón agrupado ó como un corazón individual.

El exterior del corazón deberá extenderse de 19 a 25 mm., fuera de los lados y extremos de la cavidad del bloque de prueba. El muestreo partiendo del chorro del hierro deberá hacerse solamente cuando se sangra un crisol completo. La temperatura a la cual se cuela el bloque deberá mantenerse uniforme. La -

temperatura a la cual se cuela el bloque deberá mantenerse uniforme. La muestra no debe ser enfriado desde una temperatura muy alta y todos los bloques deberán ser enfriados aproximadamente a la misma temperatura. Enfriar los cuando están muy calientes (925° a 980°C), no afectará la profundidad del endurecimiento pero afectará la apariencia de la porción gris del bloque. En la práctica normal, los bloques deberán ser enfriados totalmente a una temperatura que esté por debajo de 760°C .

Las pruebas de endurecimiento superficial no son un sustituto del análisis químico, pero a menudo ofrecen un método rápido de integrar los efectos del carbono y del silicio, y relacionar esto con las propiedades a esperar en las piezas fundidas, siempre que los factores que afecten la apariencia de la fractura sean comprendidos e interpretados adecuadamente.

Aunque la profundidad del endurecimiento en la pieza de prueba es la parte que se mide más fácilmente.

La porción gris de la fractura da también una indicación de las propiedades del metal, y en muchos casos esto es muy importante. El contenido de carbono y las propiedades físicas son estimados más rápidamente de esta porción del bloque, particularmente en hierros inoculados.

Los hierros altos en contenidos de carbono desarrollan una estructura oscura, de grano grueso, con una fractura opaca, mientras que los hierros bajos de carbono desarrollan una estructura más clara, de grano más cerrado.

La proporción endurecida en el bloque de prueba refleja la tendencia o la formación de carburos y la estabilidad de los carburos en el hierro.

La profundidad de la parte endurecida aumenta con la fusión bajo condiciones más oxidantes, por sobrecalentamiento del hierro, menor contenido de carbón o silicio y la adición de diversas aleaciones formadoras de carburos. Puesto que la composición es solo uno de los factores que influyen en la estabilidad de los carburos en el hierro, la relación entre la profundidad del endurecimiento en la cuña y la composición puede variar; los elementos que reducen la profundidad de endurecimiento son: Silicio, Níquel, Cobre, Aluminio, Titanio, Fósforo y Circonio. Los elementos que aumentan la profundidad del endurecimiento son: Telurio, Cromo, Colibdeno, Bismuto, Estaño, Manganeseo, Tungsteno y Vanadio. Cualquier desviación en apariencia de una profundidad de endurecimiento standard indica un cambio en el hierro. Este cambio puede ser o estar afectado por un cambio en la composición química o el efecto que sobre esa composición tienen influencias tales como la oxidación durante la fusión, alto contenido de humedad con el aire inyectado, o un marcado cambio en la temperatura de fusión; las adiciones finales en la cuchara, que corrigen la apariencia del endurecimiento de la cuña no producirán un hierro de propiedades idénticas, pero tenderá a conservar más estrechas sus propiedades, los hierros que tienen una porción de su silicio, introducida como una adición en la cuchara, mostrarán un endurecimiento menor que los que tienen un contenido idéntico en silicio cuando son fundidos.

Este tipo de observación no nos toma más de 3 minutos en dicha observación, básicamente nos interesa saber como anda nuestro metal base en contenido de carbón y silicio, ya que debemos de tener un bajo contenido de silicio debido a que la aleación nodulizante que utilizamos tiene un alto contenido de silicio.

Para considerar que nuestro metal base está en condiciones de ser tratado, debemos de observar que la cuña presente hierro blanco en sus tres esquinas lo cual nos indicará que el contenido de silicio es bajo, alrededor del 1.40% a 1.60% que es lo que se requiere.

b) Por Análisis Químico.

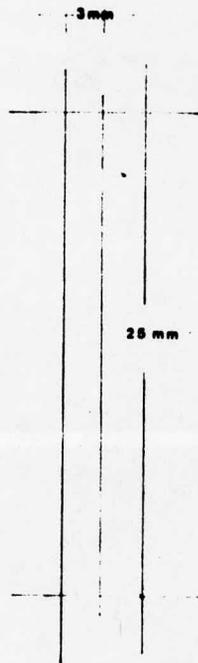
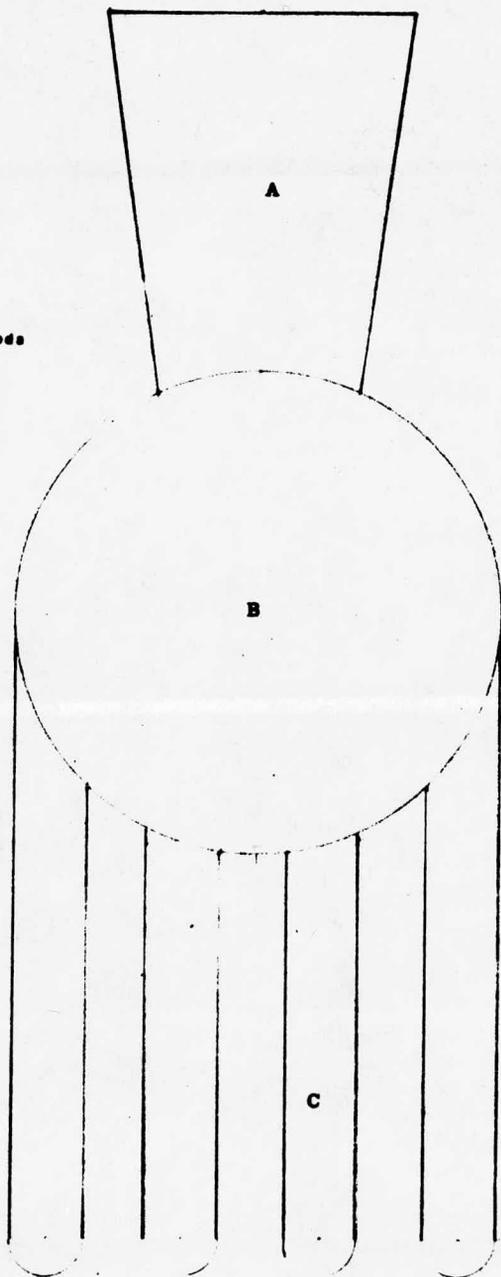
Poniendo énfasis en la calidad de las piezas que deben ser hechas bajo una especificación definida con economías que dictan el empleo de materias primas de clase más pobre u objetable, resulta más necesario que se lleven a cabo pruebas suplementarias de laboratorio.

El control por medio de análisis deberá incluir el muestreo del hierro en el pico del cubilote, en la cuchara después de haberse efectuado las adiciones y de todos los materiales que entran en la manufactura del hierro hasta el momento en que sea vaciado el molde.

A Colada

B Moneda para Analisis
Espectrografico

C Analisis para via humeda
y Volumetrica



La selección de la muestra apropiada es importante, puede ser vaciada una muestra especial para análisis químicos o también una de las mitades de la barra de pruebas transversales, bien de un bloque de pruebas de endurecimiento pueden ser una fuente excelente para virutas de broca. Las muestras deberán de limpiarse perfectamente para quitar toda la arena pegada y perforada con una broca limpia de 3.18 a 12.7 mm (1/8" a 1/2"), rechazada las virutas que contengan cualquier clase de incrustación de la pieza vaciada. Empleando una broca de 3.18 mm de diámetro, deberá hacerse un agujero en el centro exacto de la barra, o a través de la barra, pero no a través de las incrustaciones sobre el lado opuesto de la pieza, para muestrear todas las zonas de carbono, especialmente cuando se necesita el análisis del carbón combinado.

Las virutas deberán ser recibidas sobre una pieza limpia de hoja de metal formada al objeto o en una hoja gruesa de papel limpio. Todas las virutas pulverizantes deberán estar incluidas en la muestra, ya que ellas están principalmente compuestas de grafito. Las muestras que tienen todo el carbón en la forma combinada son preferidas para una determinación precisa del carbono.

Lo anterior es correcto para el hierro gris pero para el hierro Nodular éstas muestras deben ser producidas vaciando gotas de hierro en agua, vaciando en un molde de metal fundido la cual produce cilindros enfriados rápidamente o por métodos similares que solidifiquen el metal lo bastante rápidamente como para producir hierro blanco.

I Aparatos y Equipo.

Para el desarrollo de estos métodos se requieren los aparatos y equipo usual de laboratorio y además, los que se citan en los siguientes incisos:

I.A. Aparato para la Determinación de Carbono por el Método de Combustión-Directa.

El aparato debe ser adecuado para la combustión directa del metal en corriente de oxígeno. El anhídrido carbónico por la combustión se colectará en absorbentes adecuados que consisten de una base inerte impregnada con hidróxido de sodio y equipo de purificación después del horno. La figura 4 y 5 muestran dos aparatos típicos que pueden usarse para la determinación de carbono por el método gasométrico. En la figura 6 aparece un aparato típico para la determinación de carbono por el método gasométrico.

N o t a: Se ha encontrado que la Ascaria y la Caroxita son satisfactorias para este propósito.

Los aparatos y arreglos para determinar carbono son muy diversos por lo que pueden modificarse obteniendo resultados satisfactorios. Debido a lo anterior, a continuación se hacen recomendaciones destinadas a indicar lo que es aceptable, más que a prescribir definitivamente lo que deberá usarse.

I.B. Aparato de Combustión.

Cualquier aparato de combustión que sea capaz de elevar la temperatura de la muestra de 100° a 1100°C, puede usarse para aceros al carbón y aceros de baja aleación. Los hornos eléctricos calentados por electrodos de carburo de silicio y que dan temperaturas hasta de 1400°C, son muy útiles para determinar carbono en las aleaciones refractarias. Los tubos de combustión pueden ser de porcelana, silimanita, arcilla, cuarzo o platino y no deben permitir paso de gases a través de sus paredes. Cuando el cuarzo se usa indetermianamente a temperatura arriba de 1000°C, puede volverse poroso. Los tubos de combustión de 76.20 cms. de longitud y de 31.75 mm de diámetro interior y con uno de sus extremos reducido, son muy convenientes para la de terminación de grafito en fundiciones.

I.C. Catalizadores.

Aunque frecuentemente se colocan a la salida del tubo de combustión materia les como óxido de cobre, malla de platino, asbesto, etc., para asegurar la combustión completa del carbono a anhídrido carbónico, es dudoso si son de algún valor, excepto para servir como una especie de filtro para detener partículas sólidas finamente divididas de óxidos metálicos y el anhídrido sulfúrico. Cuando se emplean estos materiales es necesario eliminar el azufre que fijan cada 200 determinaciones más o menos. Lo anterior se logra, colocando el extremo de salida del tubo en la zona caliente y pasa oxígeno-

a través de él. Cuando se hacen determinaciones de carbono en materiales -- con alto contenido de azufre, no deben usarse los materiales arriba indicados, sino que debe utilizarse un aparato especial para la absorción de anhídrido sulfuroso o un purificador colocado entre el tubo y el aparato destinado a absorber el anhídrido carbónico.

I.D. Navecillas y Cubiertas.

Existe una gran variedad de Navecillas y Cubiertas adecuadas para usarse en la determinación de carbono; las condiciones esenciales que deben cumplir -- son el soportar sin destruirse, las temperaturas que implica esta determinación y lo que es más importante, no deben desprender anhídrido carbónico.

Antes de usar nuevas Navecillas y Cubiertas, deben siempre precalentarse en corriente de oxígeno hasta que no desprenden anhídrido carbónico o hasta -- que se obtengan valores constantes para esta prueba en blanco.

I.E. Purificadores de Oxígeno.

La pureza del oxígeno no debe ser menor de 99.5%. Cualquier impureza de materia orgánica es indeseable. Por lo general, es suficiente pasar oxígeno a través de un absorbente consistente de una base inerte impregnada con hidróxido de sodio, seguida de perclorato de magnesio anhídrido.

Si se supone la existencia de materia orgánica, el oxígeno debe pasarse a través de un tubo que contenga óxido de cobre a una temperatura de 450°C.- Este tubo debe estar colocado de tal manera que el oxígeno pase por él antes de pasar por el material impregnado con hidróxido de sodio.

I.F. Purificadores de Anhídrido Carbónico.

Los purificadores de anhídrido carbónico que colocan a continuación del tubo de combustión, deben eliminar las partículas finamente divididas de óxidos metálicos, óxidos de azufre o selenio o secar los gases antes de que se absorban en el recipiente de absorción o aparatos para la determinación gasométrica de carbono. Las partículas metálicas finamente divididas se eliminan de los gases durante su paso, mediante líquidos o columnas de sólidos.- Las pequeñas cantidades de anhídrido sulfurosos que desprenden los materiales con bajo contenido de azufre, pueden eliminarse satisfactoriamente por medio del uso de ácido sulfurico con ácido crómico. Los materiales con alto contenido de azufre necesitan otros absorbentes, tales como ácido crómico - (500 grs. por litro) o permanganoso de potasio (50 grs. por litro), seguidos de desecadores adecuados.

I.G. Absorbentes de Anhídrido Carbónico.

El absorbente más adecuado para el anhídrido carbónico es una base inerte a 20-30 mallas impregnadas de hidróxido de sodio y seguida por perclorato-

de magnesio anhídrido a la salida del bulbo. Esta última substancia se necesita para absorber el agua que se forma durante la reacción.

I.H. Bulbos de Absorción y Aparatos para Determinación Gasométrica.

No se recomienda un tipo definido de bulbo de absorción para la determina - ción gasométrica, ya que en el mercado existen infinidad de aparatos de es - te tipo proporcionando resultados satisfactorios. La única recomendación - que cabe hacer es que deben probarse mediante muestras de contenidos conocidos de carbono para verificar la exactitud de estos aparatos.

II. Aparato para la Determinación de Azufre por el Método de Combustión -- Directa.

El aparato debe ser adecuado para la combustión directa del metal en corrien - te de oxígeno, el anhídrido sulfuroso obtenido se recibe en una solución de almidón-yoduro de potasio. En la figura No. 7 se muestra un aparato típico - para esta determinación.

II.A. Horno de Combustión.

Cualquier horno eléctrico capaz de operar en forma continua a 1425°C e in - termitentemente hasta 1525°C es adecuado. La zona de combustión debe ser de 20 a 25 cms. de longitud.

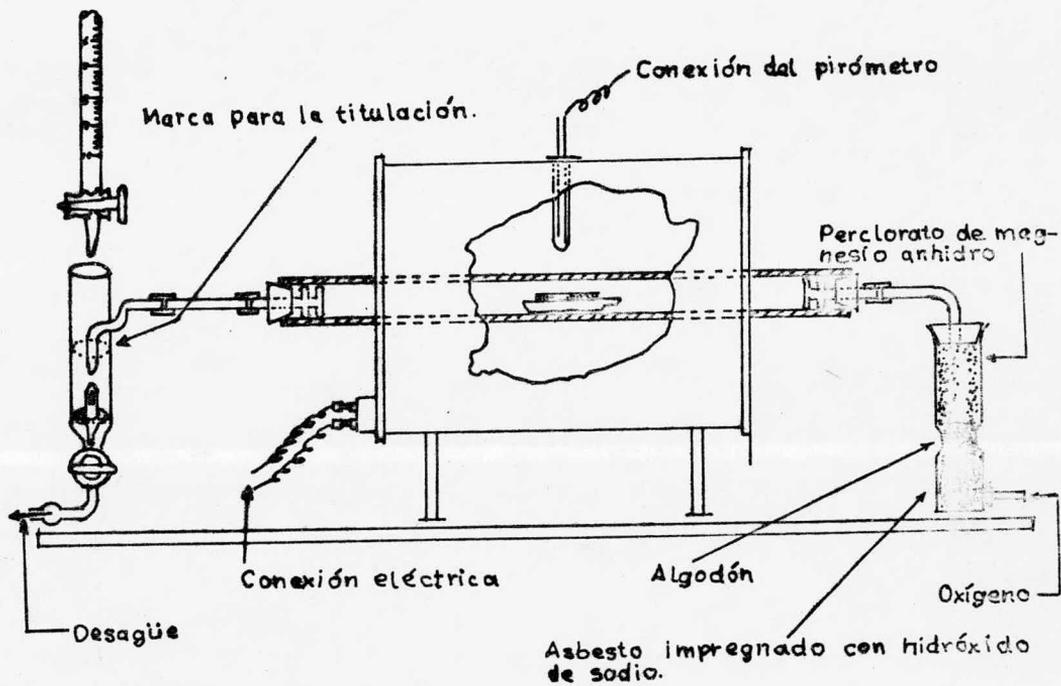


FIG. APARATO PARA LA DETERMINACIÓN DE AZUFRE
 POR EL MÉTODO DE COMBUSTIÓN DIRECTA.

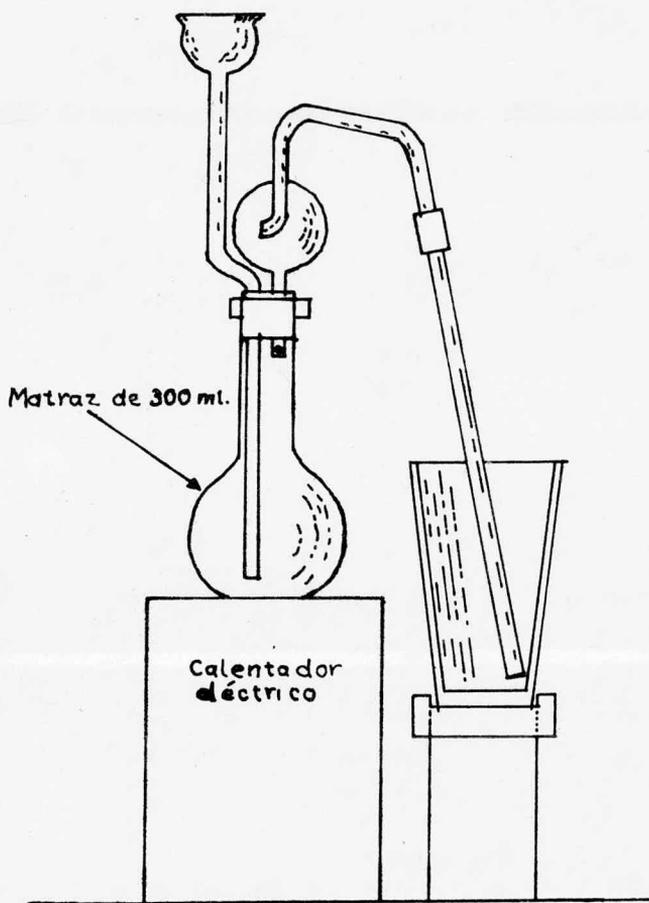


FIG. APARATO PARA LA DETERMINACIÓN DE AZUFRE POR EL MÉTODO DE EVOLUCIÓN

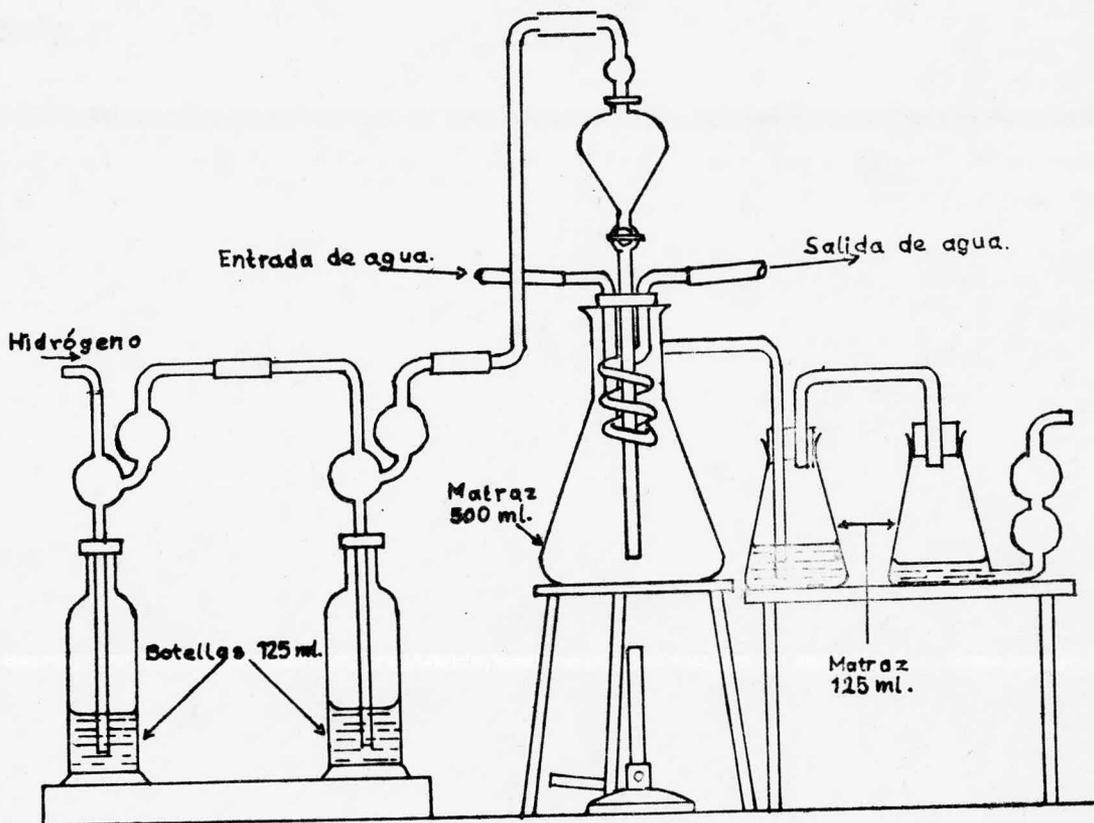


FIG. APARATO PARA LA DETERMINACIÓN DE AZUFRE POR EL MÉTODO DE EVOLUCIÓN.

II.B. Control de Temperatura.

Para asegurar una reproductibilidad máxima de los resultados, es necesario emplear un regulador de temperatura que sea capaz de controlar dentro de límites razonablemente estrechos.

II.C. Tubos de Combustión.

El tubo de combustión debe ser del tipo refractario y debe soportar una temperatura de 1400° a 1500°C, teniendo un diámetro interno de 20 a 35 mm con longitud aproximada de 70 a 90 cms. El tubo de combustión debe permitir el paso de gases a través de sus paredes.

II.D. Navecillas y Cubiertas.

Existe una gran variedad de Navecillas y Cubiertas adecuadas para usarse en la determinación de azufre; las condiciones esenciales que debe cumplir son: el soportar sin destruirse, las temperaturas que implica esta determinación lo que es más importante no deben desprender anhídridos sulfuroso. Antes de usar nuevas Navecillas y Cubiertas, deben siempre precalentarse en corriente de oxígeno hasta que no desprendan anhídrido sulfuroso, o hasta que se obtenga un valor constante para esta prueba en blanco.

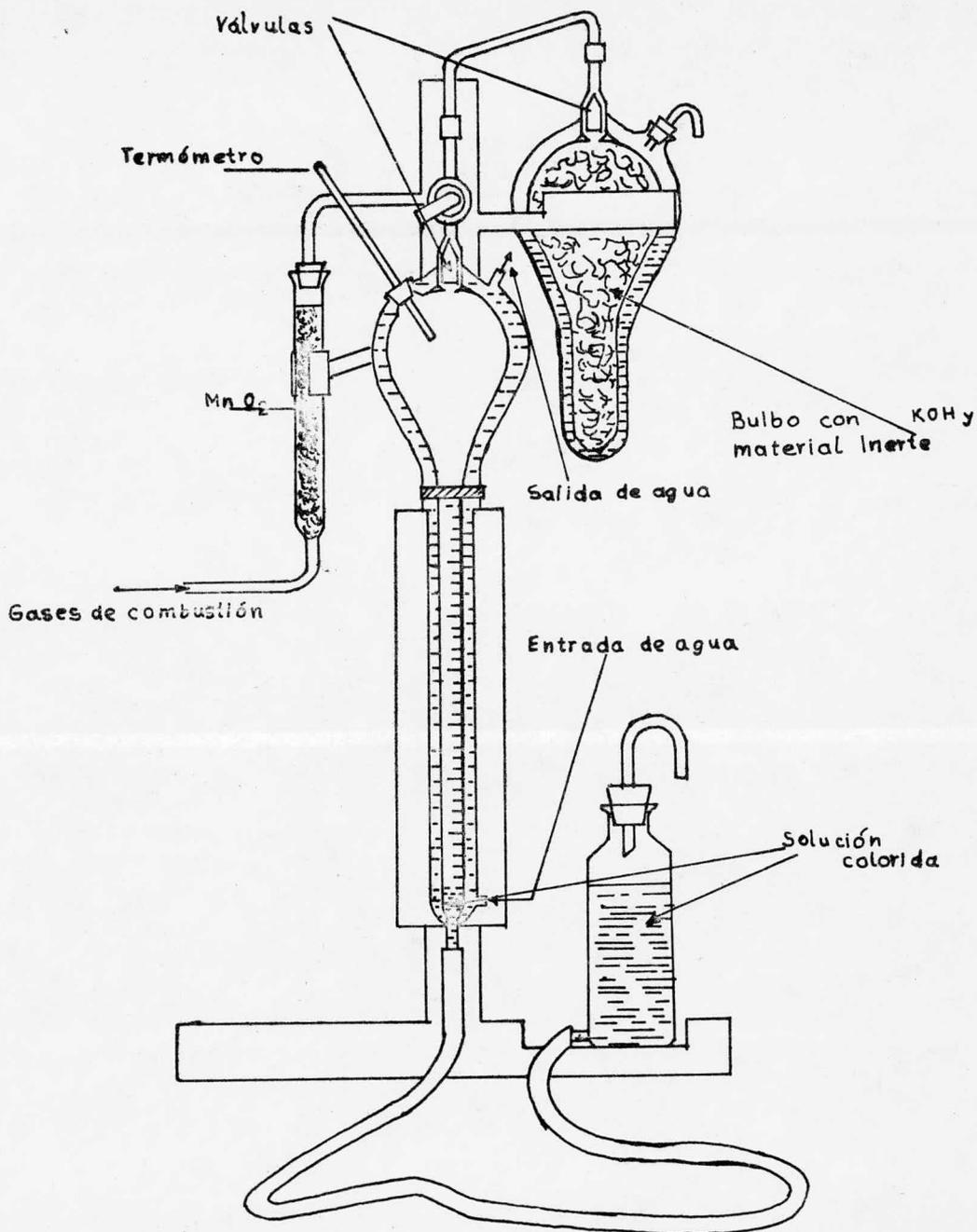


FIG. 6.- APARATO PARA LA DETERMINACIÓN DE CARBONO POR EL MÉTODO GASOMÉTRICO.

II.E. Purificadores de Oxígeno.

La pureza del oxígeno no debe ser menor de 99.5%. Cualquier impureza de materia orgánica es indeseable. Por lo general, es suficiente pasar el oxígeno a través de un absorbente consistente de una base inerte impregnada con hidróxido de sodio, seguida de perclorato de magnesio anhidro.

Bulbo de Absorción y Titulación.

No se recomienda un tipo definido de bulbo de absorción para la determinación, ya que en el mercado existen infinidad de aparatos de este tipo que proporcionan resultados satisfactorios; la única recomendación que cabe hacer, es que debe probarse la exactitud de estos aparatos mediante muestras de contenidos conocidos de azufre.

- 1) Determinación del Carbono Total por el Método Gasométrico por Combustión Directa.

Los aparatos necesarios para esta determinación son los indicados anteriormente.

Los reactivos se preparan de acuerdo con las instrucciones del fabricante del equipo.

Debido a la gran variedad de aparatos para la determinación del carbono que existen en el mercado, no es posible fijar un procedimiento que pueda ser común a los diversos aparatos. Por lo anterior, se deben seguir las instrucciones del fabricante del equipo, comprobando la exactitud del aparato, procedimientos, etc., mediante muestras con contenido conocido de carbono.

Como recomendaciones generales para todos los aparatos y métodos se puede indicar lo siguiente:

Antes de cada determinación o serie de determinaciones, se debe efectuar un análisis sobre una muestra con contenido conocido de carbono. Los resultados obtenidos con esta muestra patrón, deben coincidir dentro de los límites de reproductibilidad con el contenido real de carbono de la muestra.

Después de efectuada la determinación es necesaria la verificación de que la combustión de la muestra haya sido completa.

Para facilitar la combustión de la muestra, se pueden utilizar sustancias como: Estaño granulado, Laminillas de Cobre, Anillos de Cobre, etc. Estos fundentes deberán estar exentos de carbono, la cantidad de muestra que se recomienda, según el contenido de carbono, es la siguiente:

Contenido de Carbón en %

Peso de la Muestra en Granos

Hasta 0.30	2.000
De 0.31 a 1.00 inclusive	1.000
De 1.01 a 2.00	0.500
Más de 2.00	0.250

Determinación de Carbono Total por el Método Gravimétrico por Combustión --
Directa.

Se determina el carbono de acuerdo con el procedimiento anterior usando el tamaño apropiado de muestra, y teniendo especial cuidado para obtener una muestra representativa. Se deben tomar precauciones especiales para que no interfiera el azufre, cuando su contenido exceda de 0.10%.

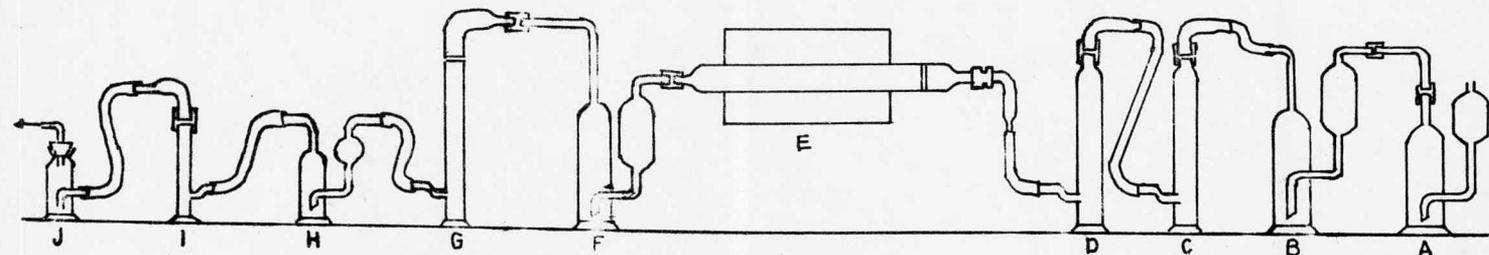
Se efectúa una prueba en blanco siguiendo el mismo procedimiento y utilizando las mismas cantidades de todos los reactivos, excepto la muestra.

El contenido de carbono se calcula como sigue:

$$\% C = \frac{(A-B) 0.2727}{C} \times 100$$

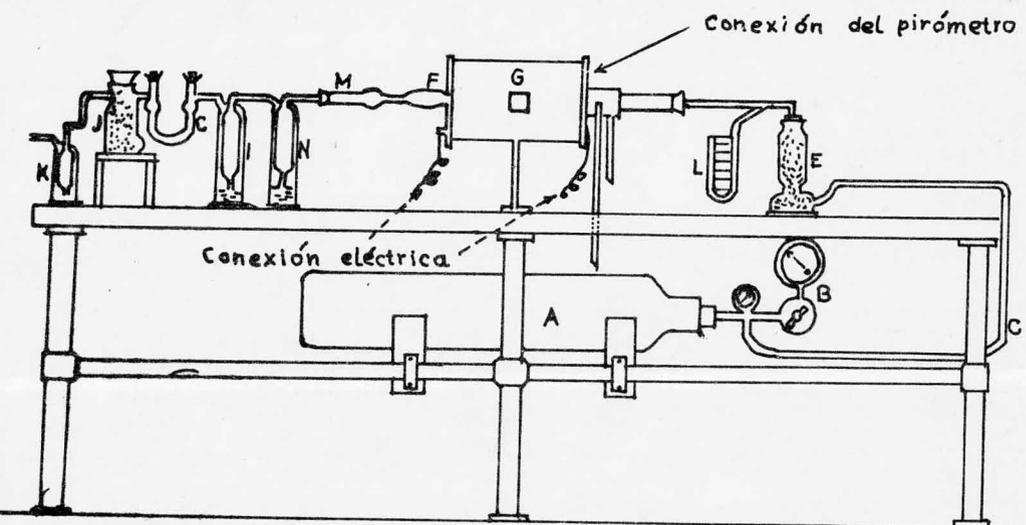
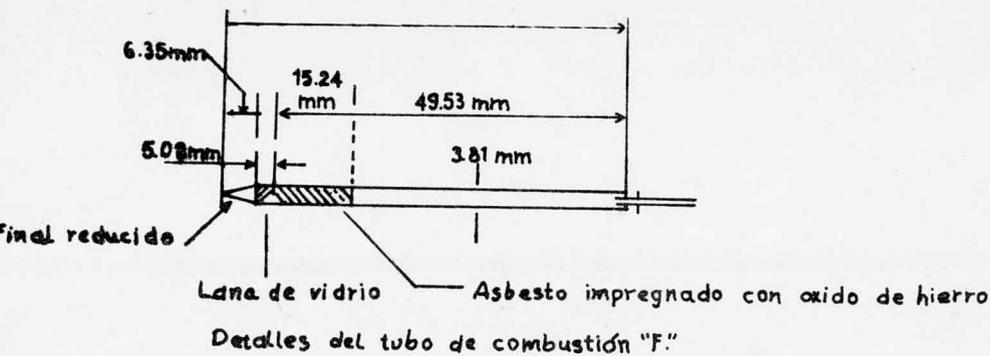
Donde:

A - Gramos de anhídrido carbónico



- A.- Válvula de mercurio.
- B.- Botella conteniendo ácido sulfúrico concentrado.
- C.- Torre conteniendo cloruro de calcio
- D.- Torre conteniendo hidróxido de sodio.
- E.- Horno Eléctrico con tubo de combustión y adaptadores.
- F.- Botella conteniendo permanganato de potasio (50g. por litro), utilizada únicamente en los aceros que contienen más del 0.05% de azufre.
- G.- Torre conteniendo zinc granulada
- H.- Botella conteniendo ácido sulfúrico concentrado.
- I.- Torre conteniendo pentóxido de fósforo.
- J.- Torre conteniendo una base inerte impregnada con hidróxido de sodio para absorber el anhídrido carbónico.

FIG. 5.- APARATO PARA LA DETERMINACIÓN DE CARBONO POR EL MÉTODO DE COMBUSTIÓN



- A.- Cilindro de oxígeno.
- B.- Válvula de reducción.
- C.- Tubo de hule.
- E.- Torre de purificación para el oxígeno.
- F.- Tubo de combustión.
- G.- Horno eléctrico.
- L.- Manómetro.
- M.- Filtro para remover partículas solidas.
- N. y O.- Purificadores de los gases de combustión
- J.- Bulbo de absorción conteniendo una base inerte (20-30 mallas).
Impregnada con hidróxido de sodio
- K.-

B - Corrección del Blanco, en gramos

C - Gramos de muestra empleada

Carbono, Grafitico por el Método de Combustión Directa.

Se lleva de 1.000 a 3.000 grs. de muestra a un vaso de precipitados de 250-ml., se agregan 50 ml. de ácido nítrico (3:5), se cubre y se calienta en baño de vapor durante 30 min., aproximadamente, agitando ocasionalmente, se agrega 1 a 2 ml. de ácido fluorhídrico, se filtra, recogiendo el grafito sobre asbesto previamente calcinado o mediante un crisol de alundum de tamaño apropiado para introducirlo en la zona de combustión del horno, se lava con agua caliente, solución aliente de hidróxido de potasio (120 g/litro), - agua caliente, ácido clorhídrico (1:20) y agua caliente en el orden citado.

Se saca el residuo a una temperatura que no exceda de 150°C y se determina el grafito siguiendo el método indicado para la determinación de carbono total por el método gasométrico o bien, por el método gravimétrico.

2) Determinación del Manganeso por el Método del Bismutato.

Se pasa 1.000 grs. de muestra y se lleva a un matraz Erlenmeyer de 300 ml., se agregan 25 ml. de ácido nítrico (1:30) y se lleva a ebullición durante - 2 ó 3 minutos y una vez que termina la reacción se enfría y se filtra, la--vando el matraz y papel con 25 ml. de ácido nítrico, (1:3) y después con -

agua caliente 4 ó 5 veces más, se agrega aproximadamente 0.5 grs. de bismutato de sodio y se lleva a ebullición durante 2 ó 3 minutos. Se aclara la solución de ácido permangánico o MnO_2 agregando unas gotas de ácido sulfuroso, se lleva a ebullición hasta desaparición de los vapores nítricos, se enfría a $15^{\circ}C$ o menos y se agrega 0.5 grs. de bismutato de sodio (o una cantidad equivalente a 26 veces aproximadamente el peso del manganeso supuestamente presente, pero no menos de 0.5 grs.), se agita durante un minuto, se agregan 50 ml. de ácido nítrico (3:97) y se filtra a través de un crisol gooch con asbesto o un crisol con fondo de vidrio poroso o de alundum del tipo buchner; se lava con ácido nítrico (3:97) hasta que la solución de lavado pase incolora. El filtro debe ser claro y libre de bismutato. Se agregan 2 ml. de ácido fosfórico de filtrado y suficiente solución de sulfato ferroamónico con una bureta hasta desaparición total del color de ácido permangánico, se agregan 1 a 2 ml. de exceso y se titula con solución 0.03 N de permanganato de potasio hasta la aparición de un tenue color rosa que persiste durante 30 seg. cuando menos.

Después de filtrar el bismutato, se titula inmediatamente con solución de arsenito de sodio (1 ml. = 0.0003 grs. de manganeso) hasta una coloración amarilla verdosa clara que no cambia con la adición de otra gota de solución de arsenito de sodio.

Cálculos:

Titulación con Sulfato Ferroamónico-Permanganato de Potasio.

El contenido de Manganese se calcula como sigue:

$$\% \text{ Mn} = \frac{(A - B)c \times 0.0110}{D} \times 100$$

Donde:

- A - Mililitros de solución de permanganato de potasio 0.03 N -
necesarios para la muestra.
- B - Mililitros de solución de permanganato de potasio 0.03 N -
necesarios para la prueba en blanco.
- c - Normalidad de la solución de permanganato de potasio
- D - Gramos de muestra empleados.

Solución de Sulfato Ferroamónico.

Se disuelven 12 grs. de sulfato ferroamónico en un litro de ácido sulfúrico (1:19) frío.

Solución 0.03 N de Permanganato de Potasio.

Se disuelven 3.2 grs. de permanganato de potasio en un litro de agua, se deja reposar en la obscuridad, por dos semanas y se filtra sin lavar a través

de un crisol de gooch con asbesto, evitando contacto con hule o con algún -
otro material orgánico, se almacena en una botella de color obscuro bien ta
pada.

Valoración.

Se pesan 0.300 grs. de oxalato de sodio de alta pureza secado a 105°C y se
llevan a un vaso de precipitación de 600 ml., se agregan 250 ml. de ácido -
sulfúrico (5:95) (el cual debe llevarse a ebullición durante 10-15 minutos
y enfriarse a temperatura ambiente), se agita hasta disolverse el oxalato. -
Se agregan de 39 a 40 ml. de solución de permanganato de potasio a una velo
cidad de 25 a 35 ml. por minuto. Se deja reposar hasta la desaparición del
color rosa (45 segundos aproximadamente) se calienta a 55°, 60°C y se termi
na la titulación agregando solución de permanganato de potasio hasta una li
gera coloración rosa que persiste por 30 segundos.

Debe determinarse la cantidad de permanganato de potasio que se requiere pa
ra impartir un color rosa ligero el mismo volumen de ácido sulfúrico -----
(4:94 $\frac{1}{4}$ a 55° - 60°C ésta corrección equivale generalmente de 0.03 a 0.05-
ml).

Solución de Aresenito de Sodio.

Se disuelven 20 grs. de arsenito de sodio en agua, se diluye 100 ml. de la-

solución envejecida a un litro y se filtra, si la solución no está clara se satura la solución con anhídrido carbónico.

Valoración.

Esta solución se valora contra una aleación de composición similar a la de la muestra y de la cual se conozca su contenido de magnesio, siguiendo el mismo procedimiento analítico que se va a emplear con la muestra.

3) Determinación de Manganeso por el Método del Persulfato Arsenito.

Se pesa 1.000 grs. de muestra y se lleva a un vaso de 300 ml., se agregan-- 30 ml. de la mezcla de ácidos y 30 ml. de agua y se calienta hasta disolución de la muestra, se diluyen 75 ml. y se filtra a través de papel filtro-rápido, se lava con agua caliente, se diluye a 125 ml. se agregan 100 ml. de agua caliente y 10 ml. de solución de nitrato de plata (10 g/lit) y 19 ml. de persulfato de amonio (250 gr/lit), se lleva a ebullición activa por 60 a 90 segundos, se agregan 75 ml. de agua a solución y se enfría a 15°C o menos y se titula rápidamente con la solución de arsenito de sodio (1 ml= 0.00032 grs. de manganeso) hasta un color amarillo claro que no cambie con la adición de más arsenito. Si la solución no es titulada rápidamente parte del manganeso se puede reoxidar con el sulfato provocando resultados falsos.

Cálculos:

$$\% \text{ Mn} = \frac{(A - B) C}{D} \times 100$$

D

- A - Mililitros de arsenito de sodio requeridos para titular la muestra.
- B - Equivalente en gramos por ml. en la solución de arsenito.
- C - Mililitros de arsenito de sodio requeridos para la titulación de una prueba en blanco.
- D - Gramos de muestras usados.

Preparación de la Mezcla de Acidos.

Se agregan lentamente 100 ml. de ácido sulfúrico a 525 ml. de agua, se deja enfriar y se agregan 125 ml. de ácido fosfórico y 250 ml. de ácido nítrico.

4) Determinación del Silicio por el Método del Acido Sulfúrico.

Se pesa 1.000 grs. de muestra (es conveniente usar una muestra finamente dividida) y se lleva a una cápsula de porcelana con mango de 300 ml., se agregan 100 ml. de ácido sulfúrico (1:4) y se cubre con un vidrio de reloj, se lleva a calor suave y cuando la reacción cesa se retira el vidrio de reloj- enjuagando con agua, se continúa el calentamiento hasta desprendimiento de humos blancos y densos, se coloca nuevamente el vidrio de reloj y se continúa calentando por 2 ó 3 minutos, se enfria un poco, se agregan 100 ml. de agua tibia (40°- 50°C) se agita hasta disolver las sales solubles, calentando ligeramente si es necesario, pero sin llevar a ebullición, se filtra ---

inmediatamente a través de papel filtro sin cenizas (a través de papel filtro de poro cerrado sin cenizas en el caso que se tenga muy bajo contenido de silicio) llevando el filtro el residuo alternadamente con ácido clorhídrico (5:95) caliente y agua caliente, hasta eliminar las sales de fierro, generalmente se requieren 6 lavados con porciones de 5 ml. de cada líquido.

Se lleva el papel y el residuo a un crisol de platino, se calienta cuidadosamente hasta eliminar el carbono, se cubre el crisol y se calcina por 30 minutos a 100°- 1150°C, se enfría en un desecador y se pesa. Se agrega ácido sulfúrico (1:1) para humedecer el contenido del crisol y de 3 a 5 ml. de ácido fluorhídrico y se calcina a 1000°C (hasta peso constante) se enfría en un desecador y se pesa. La pérdida en peso representa la sílice.

Se efectúa una prueba en blanco siguiendo el mismo procedimiento y utilizando las mismas cantidades de todos los reactivos.

Cálculos:

$$\% \text{ Si} = \frac{(A - B) \times 0.4675}{C} \times 100$$

Donde:

A - Gramos de Silice

B - Resultado de la prueba en blanco, en gramos

C - Gramos de muestra empleado

5) Determinación del Silicio por el Método de Acido Perclórico.

Se toman 2.500 grs. de muestra y se llevan a un vaso de precipitados de 400 ml., se agregan 40 ml. de ácido nítrico (3:5), se cubre el vaso con un vidrio de reloj y se calienta suavemente hasta que la reacción cese, se agregan 60 ml. de ácido perclórico y se evapora a humos blancos, se cubre el vaso y se continúa el calentamiento de tal manera que el ácido perclórico-refluya en las paredes del vaso durante 15 a 20 minutos. Se enfría un poco, se agregan 125 ml. de agua caliente y se agita hasta que las sales solubles entren en solución procurando aplastar una varilla de vidrio las partículas grandes, se filtra inmediatamente pasando todo el residuo del vaso al papel filtro, empleando un gendarme y un poco de ácido clorhídrico (5:95) - se lava el papel y el residuo con ácido clorhídrico (5:95) y agua caliente hasta disolver las sales de fierro, generalmente se requieren 6 lavados - con porciones de 5 ml. de cada uno de los líquidos.

El papel y el residuo se llevan a un crisol de platino, se calientan cuidadosamente para eliminar el carbono, se cubre el crisol y se calcina durante 30 minutos a 1000°-1150°C, se enfría en un desecador y se pesa. Se agrega suficiente ácido sulfúrico (1:1) para humedecer el residuo y de 3 a 5 ml de ácido fluorhídrico se evapora a sequedad y se calcina a 1000°C, se -

enfria en desecador y se pesa, la pérdida en pesos representa la sílice.

Se efectúa una prueba en blanco siguiendo el mismo procedimiento y empleando las mismas cantidades de todos los reactivos.

Cálculos:

$$\% \text{ Si} = \frac{(A - B) \times 0.4675}{C} \times 100$$

Donde:

A - Gramos de sílice obtenidos de la muestra

B - Resultados de la prueba en blanco, en gramos

C - Gramos de muestra empleados.

6) Determinación del fósforo por el Método Alcalimétrico.

Se pesan de 0.500 grs. a 2.000 grs. de muestra y se disuelven en 65 ml. de ácido nítrico (1:3) y se filtra a través de un papel filtro de poro medio, recibiendo el filtrado en un matraz Erlen mayor de 300 ml. Se lava el papel 5 a 6 veces con ácido nítrico (2:98) y después con 50 ml. de agua caliente se agregan 10 ml. de permanganato de potasio (25 grs/lt) y se lleva

a ebullición durante 2 a 3 minutos. Si no se forma precipitado, se agrega más permanganato de potasio y se lleva a ebullición nuevamente. El precipitado formado se disuelve agregando gota a gota ácido sulfuroso y se lleva a ebullición durante algunos minutos para expulsar óxidos de nitrógeno. Se ajusta el volumen a 60 ml. aproximadamente y se lleva la solución a una temperatura de 45°C y se agregan 50 ml. de solución de Molibdato de Amonio, se agita durante 10 minutos y se deja reposar el precipitado 20 minutos a temperatura ambiente.

Se filtra a través de papel filtro de poro cerrado con pulpa, lavando el matraz, papel y precipitado con porciones de 5 ml. de ácido nítrico (2:98) y finalmente se lava tantas veces como sea necesario con porciones de 5 ml. de una solución de nitrato de potasio (10 grs/tl) hasta que el filtrado no dé reacción ácida.

El papel filtro y precipitado se llevan al matraz Erlenmeyer original, se agrega un exceso de solución de hidróxido de sodio (1 ml. de esta solución equivale a 0.0002 grs. de fósforo), el exceso debe ser aproximadamente de 2.5 ml. se diluye con agua libre de anhídrido carbónico a un volumen aproximadamente de 150 ml. se tapa el matraz con un tapón de hule, se agita hasta disolución del precipitado, se agregan algunas gotas de solución, indicadora de fenolfateleina y se titula el exceso de hidróxido de sodio con solución valorada de ácido nítrico hasta que la coloración rosa desaparezca.

Se efectúa una prueba en blanco siguiendo el procedimiento y usando las --
mismas cantidades de todos los reactivos.

Cálculos:

$$\% P = \frac{(A B C) - (D E C)}{G} F \times 100$$

Donde:

A - Ml. de la solución valorada de hidróxido de sodio requeridos por la muestra.

B - Ml. de la solución valorada de ácido nítrico -
requeridos por la muestra.

C - Ml. de la solución de hidróxido de sodio equiva
lente a 1 ml. de la solución de ácido nítrico.

D - Ml. de la solución de hidróxido de sodio emplea
da para la prueba en blanco.

F - Equivalente de fósforo de la solución de hidró-
xidos de sodio en gramos por mililitros.

E - Ml. de la solución de ácido nítrico empleados -
para la prueba en blanco.

G - Gramos de muestra empleados.

III. Preparación de las Soluciones.

Molibdato de Amonio.

Se pesan 65 grs. de heptamolibdato de amonio y se llevan a un vaso de precipitados de 800 ml., se agregan 225 grs. de nitrato de amonio, 15 ml. de hidróxido de amonio y 600 ml. de agua.

Se agita calentando ligeramente y una vez que los cristales se han disuelto se filtra sin lavar y se diluye a un litro con agua.

Hidróxido de Sodio.

Se disuelven 50 grs. de hidróxido de sodio en 50 ml. de agua y se llevan a un tubo de ensayo grande, cuidando de no humedecerlo con la boca. Se tapa firmemente y se deja en posición vertical hasta que el líquido sobrenadante esté claro. Se extraen con una pipeta 5 ml. y se llevan a un volumen de un litro con agua recientemente hervida, se mezcla y se almacena fuera del contacto del aire.

Valoración.

Se disuelven 0.400 grs. de ftalato ácido de potasio en 100 ml. de agua, se

agregan 3 gotas de solución alcohólica de fenoftaleina y se titula con la solución de hidróxido de sodio hasta la aparición de un leve color rosa -- (0.04 grs. de hidróxido de sodio equivalen a 0.20423 grs. de ftalato de ácido de potasio).

Solución Alcohólica de Fenolftaleina.

Se disuelven 0.2 grs. de la sal en 100 ml. de alcohol etílico al 50%.

Acido Nítrico 0.1 N.

Se diluyen 10 ml. de ácido nítrico a un litro con agua.

Valoración.

Se valora esta solución contra la solución número 3, usando Fenolftaleina como indicador hasta que las soluciones sean equivalentes.

7) Azufre por el Método de Evolución.

Se llevan 5.000 grs. de muestra a un matraz de bola con fondo plano y capacidad de 300 ml. y se arma el aparato tal como se ilustra en la figura No. 8.

Se agregan en el vaso de precipitación 15 ml. de solución amoniacal de sulfato de Zinc y 200 ml. de agua, se agregan 80 ml. de ácido clorhídrico --- (1:1) al matraz, a través del tubo de seguridad, se calienta lentamente -- hasta la disolución completa de la muestra, manteniendo la evolución de - los gases (este método es más satisfactorio cuando la evolución de los ga- ses es rápida y si las condiciones se conservan constantes) pueden tenerse problemas si la solución de absorción se calienta, (esto puede evitarse -- manteniendo la solución en un baño de agua).

Se desconecta el tubo de desprendimiento dejándolo en la solución y se re- tira el vaso. Se agregan 2 ml. de solución de almidón, 40 ml. de ácido clorhídrico (1:1) y se titula inmediatamente con la solución valorada de yoda- to de potasio 0.03 N hasta que se obtiene un color azul permanente.

La mayoría de las fundiciones no desprenden todo el azufre como ácido sulfhídrico. La cantidad que se libera puede a menudo incrementarse mediante - recocido de la muestra, sin embargo, en muchas fundiciones por medio del - recocido no se incrementa la cantidad de azufre desprendido.

Con fundiciones de alto contenido de silicio se usa ácido clorhídrico (1:1) caliente (a 70°C) se calienta rápidamente a ebullición y se mantiene ésta- lo más lento que sea posible. Si la disolución no es rápida, se agregan - aproximadamente 0.5 ml. de ácido fluorhídrico. Se recomienda ácido clor- hídrico concentrado para ciertas fundiciones aleadas en cuyo caso debe de-

disponerse de un mejor equipo de condensación (aparato 9). Siempre hay que evitar que el absorbente alcalino se neutralice excesivamente.

Se efectúa una prueba en blanco siguiendo el mismo procedimiento y utilizando las mismas cantidades de todos los reactivos.

Cálculos:

$$\% S = \frac{(A - B) D \times 0.016}{C} \times 100$$

Donde:

A - Ml. de la solución de yodato de potasio, empleados para la titulación de la muestra.

B - Ml. de la solución de yodato de potasio, empleados en la muestra en blanco.

C - Gramos de muestra empleados

D - Normalidad de la solución de yodato de potasio.

Preparación de las Soluciones.

Se hace una parte con 1 gr. de almidón soluble y 5 ml. de agua, y se agregan 100 ml. de agua hirviendo, se enfría, se agregan 5 grs. de yoduro de -

potasio y se agita hasta disolver, esta solución debe usarse únicamente -- cuando se ha preparado recientemente.

Solución 0.1 N de Yodato de Potasio.

Se recristaliza dos veces el yodato de potasio de una solución acuosa y se saca a 180°C hasta peso constante. Se disuelven 3.5670 grs. de yodato de - potasio en 200 ml. de agua que contenga 1 gr. de hidróxido de sodio y 10 - grs. de yoduro de potasio, lograda la disolución se diluye a un litro en - un matraz aforado.

Valoración.

Esta solución no requiere valoración, ya que es un patrón primario, sin em bargo, algunos analistas prefieren valorar esta solución contra muestras - de contenido conocido de estaño o azufre siguiendo los procedimientos --- correspondientes.

8) Azufre por el Método de Combustión Directa.

La temperatura del horno se ajusta a 1400°C y se agregan al recipiente de- absorción 60 ó 70 ml. de ácido clorhídrico (3:197) y 2 ml. de solución de- almidón, se pasa oxígeno a través del sistema y se agrega una pequeña can- tidad de solución de yodato de potasio hasta obtener una ligera coloración

azul que es la que se toma después como punto final de la titulación. Se -
lleva a 0 la bureta que contiene la solución valorada de yodato de potasio
y se suspende el peso del oxígeno.

Se lleva 1.000 grs. de muestra a una navecilla de combustión, previamente-
calcinada y se cubre la muestra con 0.2 grs. aproximadamente de limadura -
de cobre o granalla de zinc, se cubre con una tapa previamente calcinada -
y se coloca en el tubo de combustión, cerrando inmediatamente el tubo de -
jando que la muestra se caliente durante 2 ó 3 minutos; a continuación se-
inicia el paso de la corriente de oxígeno de 1.5 lts/min.

Por el paso de los gases del tubo de combustión, a través de la solución -
de absorción, el color azul tenderá a desvanecerse y debe agregarse poco a
poco solución valorada de yodato de potasio a una velocidad tal que se man
tenga una coloración que coincida con la coloración original y que no se -
decolore con el paso de los gases de combustión, se da por terminada la ti
tulación y se registra la cantidad de solución de yodato de potasio que se
consumio.

Se efectúa una prueba en blanco siguiendo el mismo procedimiento y emplean
do las mismas cantidades de todos los reactivos.

Cálculos:

$$\% S = \frac{(A - B) \times 0.0001}{C} \times 100$$

Donde:

A - Ml. de yodato de potasio requeridos para titular la muestra.

B - Ml. de yodato de potasio requeridos para titular la prueba en blanco.

C - Gramos de muestra empleados.

9) Determinación del Magnesio.

Se pesa 1.000 grs. de la muestra y se disuelve en un vaso de precipitado - de 100 ml. con 10 ml. de ácido clorhídrico y 3 ml. de ácido nítrico. Se calienta ligeramente para acelerar el ataque, cuando la reacción cesa, se enfría y filtra a través de lana de vidrio recibiendo el filtrado en un embudo de separación de 150 a 200 ml. se lava con ácido clorhídrico hasta que desaparezca el color amarillento.

Se agregan 30 ml. de acetado de isobutilo y se agita durante 30 min. dejando reposar para permitir la separación de las dos fases. Se separa la capa inferior (la ácida) sobre un vaso de 400 ml. enjuagando el interior del - vástago del embudo con una poca de agua (la capa orgánica se desecha).

Se agregan 2 ml. de ácido perclórico a la solución ácida y se evapora a humos densos, dejando durante 3 minutos se agregan 5 ml. de agua y se lleva a ebullición, se filtra a través del filtro de poro cerrado recibiendo en un embudo de separación y se lava 4 ó 5 veces con agua fría.

Se deja enfriar y se agregan 10 ml. de solución de acetato de sodio (se disuelven 272 grs. de la sal trihidratada en agua y se lleva el volumen a un litro), 2 ml. de solución de cupferron (se disuelven 6 grs. de la sal en - 100 ml. de agua), y 6 ml. de cloroformo, se agita durante 30 minutos y se dejan separar las fases, se separa la capa inferior (cloroformo) y se desecha.

A la solución del embudo se agregan 8 ml. de la solución de dietilditiocarbonato de sodio (se prepara al momento de usarla agregando 20 grs. de la - sal a 100 ml. de agua) y 10 ml. de cloroformo, se agita durante 30 segun - dos y se deja separar las capas, se desecha la capa inferior y se enfuga - con cloroformo, el cuello y el tapón del embudo y se agregan 2 ml. de cloroformo y 1 ml. de solución de dietilditiocarbonato de sodio, con lo cual debe obtenerse un precipitado blanco que indica que se han separado totalmente el magnesio y el cobre, se agita para extraer este precipitado con el cloroformo (si el precipitado es colorado, se agrega más dietilditiocarbonato y se extrae en los 2 ml. de solución), se separa la capa de cloroformo y se efectúan extracciones con 2 ml. de cloroformo cada una, hasta obtener una capa totalmente clara de cloroformo, antes de separar los últimos-

2 ml. de cloroformo, se agregan 2 ó 3 gotas de solución de cupferron hasta que el precipitado, si lo hay, sea blanco, lo cual es señal de que se ha eliminado todo el fierro.

Se continúa extrayendo con porciones de 2 ml. de cloroformo hasta obtener nuevamente una capa incolora, la cual se elimina.

Se transfiere la capa acuosa, a través del cuello del embudo a un vaso de precipitados de 400 ml. se diluye aproximadamente a 250 ml. con agua y se calienta a 40° y 50°C, se agregan 20 ml. de solución reguladora PA-10 y un poco de la solución de eriocromo negro T en cloruro de sodio (se mezcla una parte en peso del indicador eriocromo negro T y 99 de cloruro de sodio)

A continuación se titula con solución valorada de EDTA (etilen - diamino - tetra - acético) hasta que el color cambie de rojo a azul, se efectúa una prueba en blanco empleando el mismo procedimiento y usando las mismas cantidades de todos los reactivos.

Cálculos:

$$\% \text{ Mg} = \frac{(A - B) C}{D} \times 100$$

Donde:

- A - Mililitros de la solución de EDTA requeridos para titular la muestra.
- B - Mililitros de la solución de EDTA requeridos para titular la prueba en blanco.
- C - Equivalente en magnesio de la solución de EDTA en gramos por mililitro (igual a 0.0002432 gr/ml. - cuando la solución es 0.01 M).
- D - Gramos de muestra empleados.

Preparación de las Soluciones.

Solución Reguladora PH-10.

Se disuelven 67.5 grs. de cloruro de amonio en una solución formada con -- 570 ml. de hidróxido de amonio, 300 ml. de agua y se lleva el volumen a un litro.

Solución 0.1 N de EDTA.

Se disuelven 3.72 grs. de sal disódica deshidratada del ácido etilen - dia - mino - tetra - acético en agua y se diluye a un litro.

Empleando reactivo puro, no se requiere valorar la solución.

CAPITULO V

CONTROL DE CALIDAD DEL HIERRO NODULAR

El control de calidad sobre Hierro Nodular deberá empezar con los materiales de carga y el proceso en cada una de sus fases de producción. La seguridad de que todas las condiciones anteriores son favorables nos permitirán el siguiente paso con muy poco riesgo de fallar.

El control sobre los materiales de carga es fundamental para la producción de una buena fundición. Estos controles generalmente son sobre la uniformidad del material de carga y libres de elementos nocivos, cualquiera de estos dos aspectos pueden ser asegurados por medio de certificados de los vendedores, conociendo el origen del material o por análisis, o combinaciones de éstas.

Con el control sobre los materiales de carga; en la fusión empieza la siguiente área de control. Habrá suficientes muestras para checar o verificar la calidad, así como un conjunto de indicaciones adelante para el control de materiales de carga. Además debemos de tener la seguridad de que otros materiales y las variables del proceso serán detectadas.

La uniformidad del carbón equivalente puede ser determinada por análisis, indicaciones del chill, la uniformidad del azufre o fósforo; también podrá-

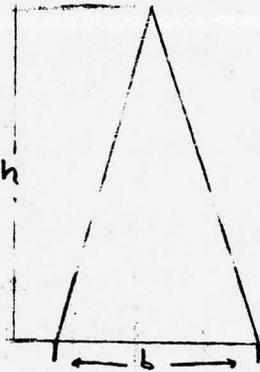
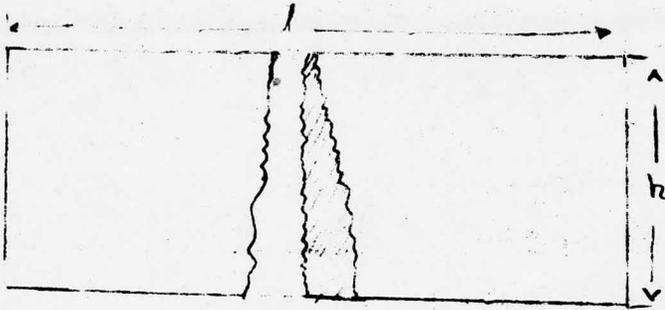
ser verificada por análisis o por standard de los materiales cargados unido éste, con el baño del metal fundido. Los elementos nocivos pueden ser detectados por métodos similares, la temperatura deberá ser controlada como un fuerte efecto en la reacción de la formación de las esferas y subsecuente mente la calidad de la fundición.

El tratamiento de la reacción para la formación del grafito esferoidal deberá recibir más atención que cualquier otra fase de producción, la efectividad de este proceso puede ser medido por microexamen del metal tratado por pruebas físicas o por combinaciones de éstas.

El control de la estructura del grafito es la del control de la matriz. La estructura de la fundición o de la estructura formada por tratamiento térmico mostrará la efectividad de la postinoculación, efecto de la aleación, — efectos del tratamiento térmico u otros factores que influyen en el proceso de producción.

A) POR MEDIO DE CUÑAS.

Este sistema de verificación se lleva a cabo en un corto lapso de tiempo, — el cual con la práctica se va reduciendo y del cual se obtienen muy buenos resultados no obstante de ser un procedimiento totalmente empírico, teniendo además la ventaja de ser un proceso sumamente económico.



Base mm	Altura mm	Perímetre mm
6	11	57
12.5	22	101
19	38	127
25	57	127

La probeta que utilizamos para dicha observación es una herramienta de control muy simple con la que se obtiene una determinación muy rápida. Las dimensiones de las probetas más corrientemente usadas son las que se indican, los moldes de dichas probetas es preferible que estén hechos con arenas al silicato, shell, aceite, las posibles variaciones que lleva consigo el empleo de arena en verde.

Deben ser vaciadas por la base de la cuña y cuando están solidificadas y tienen aún una elevada temperatura o sea que aún estén en rojo vivo, se desbarata el molde y se le dan unos golpecitos a la probeta y ésta deberá doblarse, lo cual no indicará que tenemos una fundición adecuada y podemos proceder a vaciar los moldes de otra forma si la probeta al recibir estos golpecitos se nos quiebra es síntoma de que nuestra aleación no es correcta y que debemos proceder a vaciar otro tipo de piezas o bien en su defecto de beremos lingotearlo.

B) POR MEDIO DE ANALISIS QUIMICO.

Como mencionamos anteriormente, tiene gran importancia, ya que es la forma de controlar la calidad de las piezas y la verificación de que efectivamente se está entregando la clase de material que se solicita y además sirve para verificar que efectivamente se han realizado correctamente las diferentes fases de producción, y en donde, en caso de haber habido alguna falla-

se detectará, lo cual conducirá un análisis detallado de cada una de las - fases de producción para encontrar en cuál de ellas estuvo la falla y poner el remedio inmediatamente, así como separar el lote de piezas que fueron vaciadas con dicha sangrada y ver si tienen solución, o de no tenerla, enviarlas al patio de la chatarra. Para esto no debe olvidarse que tiene una gran importancia el momento de la muestra para el análisis y llevar un control exacto del lote de piezas que se vacía con cada fusión o sangrado.

Determinación del Magnesio.

Se pesa 1.000 grs. de la muestra y se disuelve en un vaso de precipitados - de 100 ml. con 10 ml. de ácido clorhídrico y 3 ml. de ácido nítrico. Se calienta ligeramente para acelerar el ataque, cuando la reacción cesa, se enfría y se filtra a través de lana de vidrio recibiendo el filtrado en un em budo de separación de 150 a 200 ml. se lava con ácido clorhídrico hasta que desaparezca el color amarillento.

Se agrega 30 ml. de acetato de isobutilo y se agita durante 30 minutos de - jando reposar para permitir la separación de las dos fases, se separa la ca pa inferior (la ácida) sobre un vaso de 400 ml., enjuagando el interior del vástago del embudo con una poca de agua (la capa orgánica se desecha).

Se agregan 2 ml. de ácido perclórico a la solución ácida y se evapora a humos densos, dejando durante 3 minutos, se agregan 5 ml. de agua y se lleva-

a ebullición, se filtra a través del filtro de poro cerrado recibiendo en un embudo de separación y se lava 4 ó 5 veces con agua fría, se deja en --- fríar y se agregan 10 ml. de solución de acetato de sodio (se disuelven 272 grs. de la sal trihidratada en agua y se lleva el volumen a un litro) 2 ml. de solución de cupferron (se disuelven 6 grs. de la sal en 100 ml. de agua) y 6 ml. de cloroformo, se agita durante 30 minutos y se deja separar las - fases, se separa la capa inferior (cloroformo) y se desecha.

A la solución del embudo se agregan 8 ml. de la solución de dietilditiocarbonato de sodio (se prepara al momento de usarla agregando 20 grs. de la - sal a 100 ml. de agua) y 10 ml. de cloroformo, se agita durante 30 segundos y se deja separar las capas. Se desecha la capa inferior, se enjuaga con - cloroformo el cuello y el tapón de embudo y se agregan 2 ml. de cloroformo- y 1 ml. de solución de dietilditiocarbonato de sodio, con lo cual debe obtenerse un precipitado blanco que indica que se han separado totalmente el - manganeso y el cobre. Se agita para extraer este precipitado con el cloro - formo (si el precipitado es coloreado, se agrega más dietilditiocarbonato - y se extrae en los 2 ml. de solución), se separa la capa de cloroformo y se efectúan extracciones con 2 ml. de cloroformo cada una hasta obtener una capa totalmente clara de cloroformo, antes de separar los últimos 2 ml. de -- cloroformo, se agregan 2 ó 3 gotas de solución de cupferron hasta que el - precipitado, si lo hay, sea blanco, lo cual es señal de que se ha eliminado todo el fierro.

Se continúa extrayendo con porciones de 2 ml. de cloroformo hasta obtener--
nuevamente una capa incolora, la cual se elimina.

Se transfiere la capa acuosa a través del cuello del embudo a un vaso de --
precipitado de 400 ml., se diluye aproximadamente a 250 ml. con agua y se -
calienta a 40° y 50°C, se agregan 20 ml. de la solución reguladora PA-10 y-
un poco de la solución de eriocromo negro T en cloruro de sodio (se mezcla-
una parte en peso del indicador eriocromo negro T y 99 de cloruro de sodio).
A continuación se titula con solución valorada de EDTA hasta que el color -
cambie de rojo a azul, se efectúa una prueba en blanco empleando el mismo -
procedimiento y usando las mismas cantidades de todos los reactivos.

Cálculos:

$$\% \text{ Mg} = \frac{(A - B) C}{D} \times 100$$

Donde:

A - Mililitros de la solución de EDTA requeridos para-
titular la muestra.

B - Mililitros de la solución de EDTA requeridos para-
titular la prueba en blanco.

C - Equivalente en magnesio de la solución de EDTA en-gramos por mililitro (igual a 0.0002432 gr/ml) - cuando la solución es 0.1 N)

D - Gramos de muestra empleados.

Preparación de las Soluciones.

Solución Reguladora PH-10.

Se disuelven 67.5 grs. de cloruro de amonio en solución formando con 570 -- ml. de hidróxido de amonio, 300 ml. de agua y se lleva al volumen a un li - tro.

Solución 0.1 N de EDTA.

Se disuelven 3.752 grs. de sal disódico deshidratada del ácido etilen - dia - mino - tetra - acético (EDTA) en agua y se diluye a un litro, empleando - reactivo puro. No se requiere valorar la solución.

EFFECTO QUE PRODUCEN EN EL HIERRO LOS ELEMENTOS.

Los metales ferrosos, el acero y el hierro, consisten esencialmente de ---- hierro aleado con una X cantidad de carbón, la cantidad de carbón y la mane - ra en la cual existe dentro del hierro determina las propiedades de estos - metales.

La forma y distribución del carbón está determinada por la velocidad de enfriamiento, tamaño de la sección, tratamiento térmico por la cantidad de carbón presente y por la presencia de otros elementos de la aleación. El efecto de los elementos de la aleación en las propiedades mecánicas de los metales ferrosos está controlada por la manera en la cual el carbón esté contenido en el hierro.

Las aleaciones pueden alterar en forma semejante otras propiedades como: -- la resistencia, corrosión, expansión térmica y resistencia a la oxidación, pero, su principal efecto es el de proporcionar el control de propiedades mecánicas a través de variación en el carbón.

Carbón.

El rango usual de carbón en el hierro Nodular es de 3.25% a 4.00%, pero ocasionalmente puede variar más o menos para producir propiedades especiales.

El elevado contenido de carbón contendrá como resultado baja temperatura de "fusión" y de buena "fluidez" a la temperatura de vaciado, además de que atiende a provenir el Chill en secciones delgadas.

Un exceso de carbón en el Hierro Nodular, se presenta como grafito principalmente redondeado en forma esférica, la redondeada, en particular dislas tiene un efecto mínimo en lo acerado de igual forma en la matriz.

Esto tiene gran importancia para la elevada resistencia y ductibilidad del material y las variaciones en el contenido del carbón total.

Los nódulos de elasticidad más otras propiedades, puesto que el grafito contribuye a que ninguna fuerza o dureza del metal, sin grafito el material podría tener módulos cerca de 29,000.00 psi. pero aproximadamente 1/10 de la carga transversal del área, está ocupada por el grafito y por lo tanto el módulo está reducido aproximadamente en 20% de 23 a 25 millón psi. Los módulos de elasticidad son por lo tanto incrementados por reducción del contenido de grafito.

Carbón disuelto en el Hierro Líquido.

Cuando el grafito se separa del hierro en estado semi-sólido, éste ocupa un gran volumen que hizo en solución, esta precipitación ejerce una presión -- circundado el metal el cual tiende a eliminar la contracción interdendrítica y permite la fundición de secciones sanas sin cargadores. La presión causada por la precipitación del grafito, también causa deformación en la pared del molde. Esta tendencia es mucho más pronunciada en el Hierro Nodular que en el Hierro Gris y por lo tanto el Hierro Nodular generalmente requiere moldes más rígidos.

Un elevado contenido de carbón promueve un efecto llamado flotación de grafito. (Condición en la cual partículas de grafito suben y se colectan ----

exactamente sobre las superficies de la fundición o sobre los corazones).

Esta área después del corte de maquinado tendrá una apariencia rugosa o esponjosa y las propiedades mecánicas serán grandemente reducidas en el área afectada. En secciones gruesas de fundición el carbón es usualmente limitado a 3.70% máximo, pero dependerá del contenido del carbón.

El rango de 3.50% a 3.80% de carbón es un buen rango para la mayoría de las fundiciones dentro del cual permite buena ductibilidad, provee una mínima tendencia a endurecimiento (Chill) y produce grafito en suficiente cantidad para evitar los rechupes.

Silicio.

El silicio se presenta prácticamente en todos los materiales ferrosos y es el más importante elemento de aleación en el Hierro Nodular, tanto como lo es el carbón a la temperatura de vaciado del hierro. El silicio tiene más afinidad por el oxígeno que hace el hierro y por lo tanto, éste actúa para provenir la combinación del hierro y el oxígeno evitando así los óxidos de hierro.

En la fundición de hierro, la principal función del silicio aparte de actuar como dos oxidantes es de proveer gran tendencia a grafitizar, entonces

a un elevado contenido de carbón y un bajo contenido en silicio, el cual solidificará normalmente con grandes cantidades de Carburo de Hierro duro y quebradizo.

El silicio disocia el carburo de hierro y también tiende a suprimir la perlita en favor de la formación de grafito y ferrita. Inoculando con Fero-Silicio el uso de bastante bajo el contenido de silicio base, algunas veces - sobre 100%, la inoculación también aparentemente incrementa la tendencia a modificar la pared del molde.

El rango usual de silicio en el Hierro Nodular es alrededor de 1.80% a 3%.

El silicio forma una aleación con ferrita y lo hace resistente duro y lo hace más quebradizo. Este algunas veces es usado para yield point control. Un incremento de 1% de silicio aumenta la resistencia a la tensión de recodido el Hierro Nodular a 11.000 psi., el campo de resistencia más parejo o uniforme, mientras reduce la elongación alrededor de 3% e incrementa la dureza en cerca de 30 BHN. Incrementando el silicio a 3%, también decrece la dureza del normalizado, debido a la reducción de la cantidad de perlita en la microestructura.

El silicio es bastante perjudicial a la resistencia al impacto del Hierro Nodular, especialmente a baja temperatura, esto usualmente cuidando estar - abajo de 2.5%, por esta razón, pero cuando se incrementa la resistencia al-

impacto, baja la temperatura es aconsejable que el contenido de silicio se reduzca abajo el 2%. Elevado contenido de silicio es permisible cuando el fósforo es muy bajo, usualmente menos que 0.04%.

Contenidos de silicio arriba de 5% son algunas veces usados para la resistencia a la oxidación, pero a este nivel de silicio, las fundiciones son muy quebradizas y deben ser manejadas con mucho cuidado a un cuarto de temperatura. En orden de aumentar más la ductilidad en el cuarto de temperatura, un arreglo puede ser hecho, guardando el debido contenido de silicio alrededor de 3.5%.

El silicio decrece la solubilidad del carbón en el Hierro Fundido y a bajos contenidos de silicio más carbón, será absorbido de la cama de coque durante la fusión, en el cubilote.

Carbón más Silicio.

La aleación eutéctica del hierro y carbón contienen 4.3% de carbón. El hierro con más que 4.30% de carbón se dice que es hipereutéctico y con menos que 4.30% de carbón, se dice que es hipoeutéctico. El silicio y el fósforo afectan la temperatura (o enfriamiento), de fusión y tienen cerca de 1/3 el efecto de carbón en este aspecto.

El fósforo está usualmente presente, solo en muy pequeñas cantidades y es

generalmente pasado por alto el efecto del cálculo del eutéctico. El --- efecto debe ser tomado en cuenta cuando determinamos cualquier composi - ción sea Hiper o Hipoeutéctica para determinar el carbón equivalente en - términos de carbón. El carbón equivalente:

$$C e \% = \% C - 1/3 \%$$

Entonces una aleación conteniendo:

$$3.6\% C - 2.10\% Si \text{ es eutéctico } (3.60\% - 2. 1/3\% = 4.3\%)$$

Las composiciones hierutécticas son usualmente usadas para el Hierro No - dular porque ellas tienen una gran tendencia grafitizante, requiere menos - dispositivo de alimentación y metal y mejor forma esferoidal al grafito.

Sin embargo, ambos teniendo un excesivo contenido de carbón y extremada - mente alto contenido de carbón equivalente, deben ser recomendados en 0 - fundiciones de secciones gruesas para prevenir la flotación del grafito.

Se sugieren algunos Rangos:

<u>Sección</u>	<u>Carbón Equivalente</u>
1/2" o menor	4.30% - 4.60%
1/2" a 2"	4.30% - 4.45%
Arriba de 2"	4.30%

En secciones extremadamente gruesas y fundiciones enfriadas lentamente, es necesario algunas veces tener cuidado de que el contenido de su Carbón E - equivalente esté ligeramente abajo de 4.30%, especialmente cuando es necesario un fino acabado en el maquinado. En otros casos, tales como para trabajo en caliente, deben ser producidos en forma hipoeutéctica pero usualmente las composiciones sugeridas son las que se prefieren.

Generalmente, la forma del grafito es inferior, irregular, con composiciones hipoeutécticas.

Manganeso.

Es otro elemento que generalmente se encuentra en los metales ferrosos donde su fusión normal es de combinarse con el azufre para formar inofensivos sulfuros de manganeso. Pero en el Hierro Nodular, el azufre ha sido eliminado por combinación con el magnesio. Este permite al manganeso estar presente y actuar como un fuerte elemento en la aleación. El manganeso es un potente estabilizador de la perlita y por lo tanto con menos cantidades de 0.3% tendremos fundiciones de buena ductilidad.

Para obtener fundición perlítica en medianas y pequeñas piezas es recomendable tener un contenido de manganeso de 0.10% a 0.50%. En secciones gruesas otros elementos de aleación serán necesarios un contenido de manganeso arriba de 1% puede producir una cadena de carburos estables.

Los que tienen el contenido normal de manganeso durante el normalizado. Esto incrementa la dureza de la mortensidad sin incrementar la resistencia y la tensión. El manganeso incrementa la dureza de temple con aceite del Hierro Nodular sin incrementar la resistencia.

Las propiedades de las fundiciones de Hierro Nodular son controladas por las variaciones del contenido de carbón, silicio y manganeso.

Azufre.

La importancia del control del Azufre del metal base no puede ser descuidado. Para propósito práctico, esto es generalmente de acuerdo de que por cada libra de azufre contenida en el metal base, se combina una libra de magnesio para neutralizar los efectos de esta libra de azufre. La cantidad de azufre es por lo tanto, una parte muy importante para el cálculo de la cantidad de aleación nodulizante que se requiere. El contenido de azufre en la carga de los metales empieza a ser un factor crítico, donde el caldo del fierro no es desulfurado al alto contenido de azufre en el cubilote, es una de las dos ventajas de este método de producción del Hierro Nodular.

Fósforo.

El fósforo forma un eutéctico hierro y carbón, el cual tiene baja temperatura de enfriamiento comparada con la del hierro-carbón-silicio eutéctico.

El contenido de fósforo en el Hierro Nodular en cantidades de alrededor de 0.03%, tienen pequeño efecto en las propiedades, incrementando el contenido de fósforo de 0.03% a 0.10% incrementa la tensión y yield strengths y la dureza mientras que reduce la elongación, reducción de área y resistencia al impacto. En este rango, el fósforo es probablemente el más efectivo elemento para incrementar el ratio de yield strength a la resistencia a la tensión de 0.08% a 0.10%, también contribuye a la resistencia a 1100°F, a niveles arriba de 0.10% aparece la estradicta en la microestructura.

Magnesio.

El hierro con altos contenidos de carbón, el magnesio modifica el grafito al solidificar como partículas redondeadas o esféricas preferentemente, generalmente, el contenido de magnesio deberá sostenerse de 0.04% a 0.055% -- con menores cantidades, puede no dar totalmente la forma de esfera al carbón. No obstante en condiciones apropiadas del hierro base en oxígeno y azufre tal como son producidos bajo buen control del metal base en los hornos, cantidades pequeñas como 0.020% de Mg puede ser efectiva en la producción de carbón esferoidal arriba de 0.06% de magnesio residual, deberá ser raras

veces usado, después de este exceso de magnesio, creando excesivas cantidades de escoria y causa de carburos. Un contenido alto de magnesio en combinación con el Titanio puede producir escamas de grafito.

Altos contenidos de magnesio, en adición excesiva puede causar pinhole en secciones delgadas, este efecto puede intensificarse por la presencia de aluminio o humedad de la arena del molde en verde. El aluminio puede ser la causa de la presencia del pinhole y para el control del pinhole, puede ser usada la siguiente tabla:

CONTENIDOS MAXIMOS

Mg	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07
Al	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01

Variando el contenido de Magnesio dentro de su rango normal la composición tiene muy poco efecto o bien puede no tenerlo en las propiedades del Hierro Nodular. En este rango, el magnesio mejora las propiedades mecánicas, cambiando la forma del grafito, pero éste actúa como un estabilizador del carburo.

El magnesio puede combinarse con otros elementos tales como el antimonio, en cuyo caso no podrá darle forma esferoidal al grafito, o este efecto puede ser vencido por la presencia de otros elementos, los cuales sean -----

similares al oxígeno y al azufre y entonces impiden la formación del grafito esferoidal.

La posesión de vapor de magnesio varía de una Atmósfera (14.7 psi) a 2100°F a 30 Atmósferas a una temperatura de 2800°F, éste tenderá a ocuparse rápidamente y se quema alrededor del aire. Por esta razón se discute cual es la mejor forma de introducir el magnesio del caldo del hierro. La máxima solubilidad del magnesio en el hierro es de 3%, pero depende del contenido de carbón de la temperatura y del contenido de silicio. El magnesio se pierde más rápidamente en hierros de alto contenido de magnesio que en hierros de más bajo contenido de magnesio.

De los elementos que producen grafito esferoidal con hierros de contenido de alto carbón, el magnesio es el más abundante (en forma metálica) y el más barato.

Por estas razones es difícil pensar en algún otro elemento que lo pueda desplazar.

C) POR ANALISIS METALOGRAFICO.

En realidad es muy poco el trabajo adicional que se requiere para un completo exámen de la microestructura de cada carga o sangrada tratada. La muestra usada para un rápido exámen metalográfico puede ser fácilmente pulida,-

RELACION DE COMPOSICION QUIMICA TAMAÑO DE SECCION EN

HIERROS NODULARES

Tamaño de Sección	FERRITICO (DUCTIL)					PERLITICO (RESISTENTE)				
	% C	% Si	% Mn	% Ce	Dureza BAN	% C	% Si	% Mn	% Ce	Dureza BHN
Hasta 1/2	3.90	2.90	0.30	4.86	170	3.70	2.80	0.80	4.63	229
De 1/2 a 2"	3.70	2.70	0.30	4.60	170	3.60	2.60	0.80	4.46	229
De 2" a 3"	3.60	2.50	0.30	4.43	165	3.50	2.50	0.80	4.33	235
De 3" a 4"	3.50	2.40	0.30	4.30	165	3.45	2.40	0.80	4.25	235
De 4" a 5"	3.40	2.30	0.30	4.16	165	3.30	2.20	0.80	4.03	235

133

RESUMEN DE ELEMENTOS Y SUS FUNCIONES EN EL HIERRO NODULAR

ELEMENTO	LIMITE PARA GRADO FERRITICO	LIMITE PARA GRADO PERLITICO	FUNCIONES	OBSERVACIONES
----------	-----------------------------	-----------------------------	-----------	---------------

ELEMENTOS COMUNES

Carbon	3.00 - 4.00 %	3.00 - 4.00%	Elemento para formar esferas	El exceso causa flotación
Silicio	1.80 - 3.00 %	1.80 - 2.75%	Grafitiza y Ferritiza	Disminuye la Perlita
Fosforo	0.035 % max.	0.05 % max.	Forma matriz quebradiza	Estabiliza la Perlita
Azufre	0.015 % max.	0.015% max.	Se combina con el Magnecio	Es esencial eliminarlo
Manganeso	0.20 % max.	0.90 % max.	Forma Perlita	El exceso provoca carburos
Magnesio	0.06 % max.	0.06 % max.	Forma Esferas de Grafito	El exceso provoca carburos

RESUMEN DE ELEMENTOS Y SUS FUNCIONES EN EL HIERRO NODULAR

ELEMENTOS	LIMITE PARA GRADO FERRITICO	LIMITE PARA GRADO PERLITICO	FUNCIONES	OBSERVACIONES
-----------	-----------------------------	-----------------------------	-----------	---------------

PRINCIPALES ALEACIONES

Niquel	Lo más bajo posible	4.00 % max	Produce Alta Dureza	Forma matriz Perlítica
Molibdeno	0.03 % max	1.00 % max	Produce Alta Dureza	Provoca Carburos intercelulares
Cobre	0.03 % max	1.60 % max	Aumenta la resistencia	Potente estabilizador de perlita.

EFECTOS DE ELEMENTOS ESPECIALES

Cerio	0.002% max	0.002% max	Neutraliza Elementos Nocivos	Puede Producir Carburos
Calcio	insolube	insoluble	Inoculante	Reduce Distribuye mejor los nodulos
Telurio	0.02% max	0.02% max	Disminuye Porosidades	Daña un poco las esferas de grafito

RESUMEN DE ELEMENTOS Y SUS FUNCIONES EN EL HIERRO NODULAR

ELEMENTO	LIMITE PARA GRADO FERRITICO	LIMITE PARA GRADO PERLITICO	FUNCIONES	OBSERVACIONES
----------	-----------------------------	-----------------------------	-----------	---------------

ELEMENTOS QUE PROVOCAN EL GRAFITO LAMINAR

Plomo	0.002 % max	0.002 % max	Forma grafito laminar	El elemento nocivo más potente
Titanio	0.03 % max	0.03 % max	Forma Grafito laminar	Deteriora las esferas de grafito
Aluminio	0.05 % max	0.05% max	forma grafito laminar	Aumenta Porocidades de hidrogeno
Antimonio	0.004 % max	0.004% max	Provoca magnesio libre	Falta de magnesio provoca laminillas
Bismuto	0.002 % max	0.002 % max	Forma Grafito laminar	Forma grafito laminar y perlita
Zirconio	0.10 % max	0.20 % max	Forma Grafito laminar	Deteriora las esferas de grafito

RESUMEN DE ELEMENTOS Y SUS FUNCIONES EN HIERRO NODULAR

ELEMENTO	LIMITE PARA GRADO FERRITICO	LIMITE PARA GRADO PERLITICO	FUNCIONES	OBSERVACIONES
----------	-----------------------------	-----------------------------	-----------	---------------

ELEMENTOS QUE FORMAN CARBUROS Y PERLITA

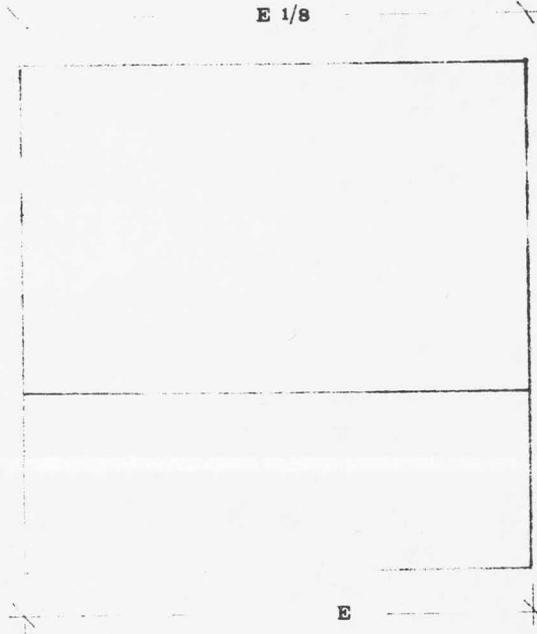
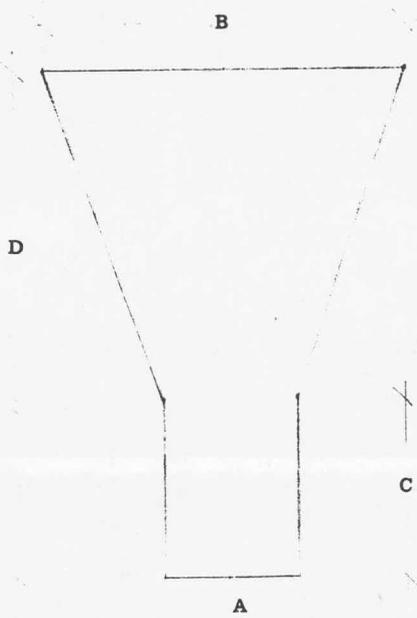
Cromo	0.04 % max	0.10 % max	Potente formador de carburo	Retarda el recocido
Boro	0.002 % max	0.002 % max	Forma carburos de Boro	Carburos que resisten el recocido
Estaño	0.010 % max	0.05 % max	Muy potente perlitzante	No forma exceso de carburos
Arsenico	0.02 % max	0.05 % max	Forma perlita	Lo hace quebradizo
Vanadio	0.04 % max	0.05 % max	Forma carburos estables	Retarda el recocido

RESUMEN DE ELEMENTOS Y SUS FUNCIONES EN HIERRO NODULAR

ELEMENTO	LIMITE PARA GRADO FERRITICO	LIMITE PARA GRADO PERLITICO	FUNCIONES	OBSERVACIONES
----------	-----------------------------	-----------------------------	-----------	---------------

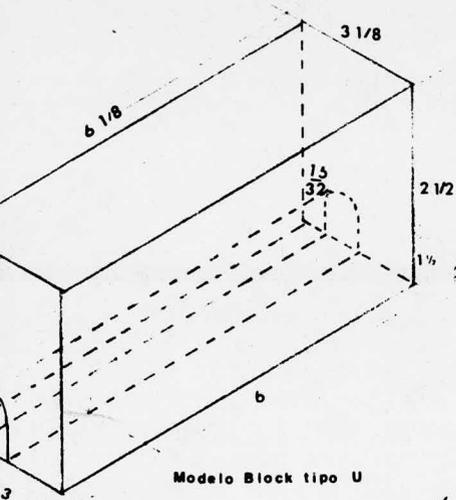
ELEMENTOS GASEOSOS

Oxigeno	± 0.003 %	± 0.003 %	Se combina con el magnesio	Reduce el magnesio libre
Hidrogeno	± 0.003 %	± 0.003 %	Potente formador de carburos	Produce porosidad superficial
Nitrogeno	± 0.009 %	± 0.009 %	Forma Perlita	Limita la solubilidad

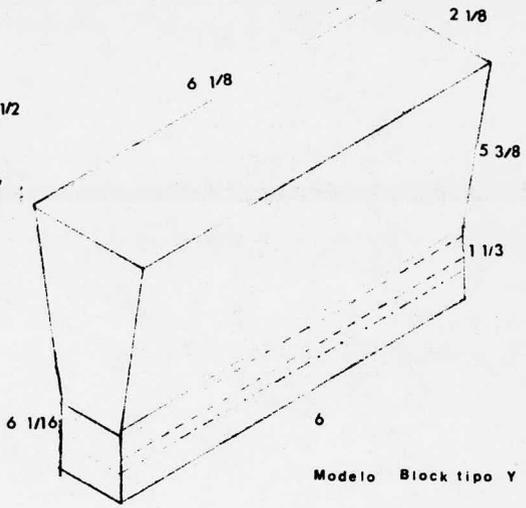


TAMAÑO DE LA PROBETA Y

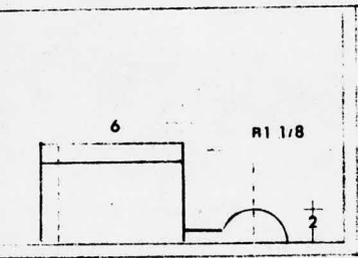
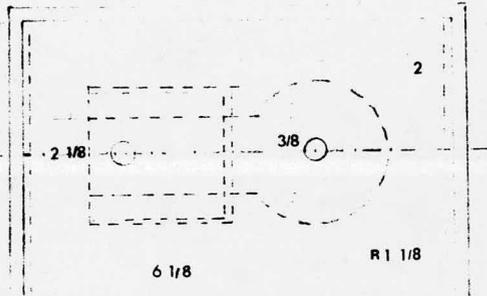
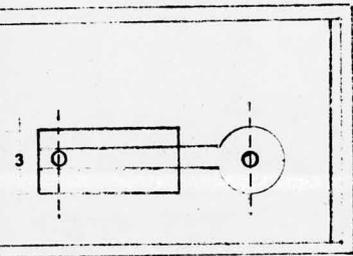
	1/2	1	2
Seccion de la Pieza	Hasta 3/4	de 3/4 a 2	2 o mas
Dimensiones de Y en	A 12	1	3
Pulgadas	B 15/8	21/8	5
	C 3/8	11/2	25/8
	D 53/8	53/8	53/8
	E 6	6	6



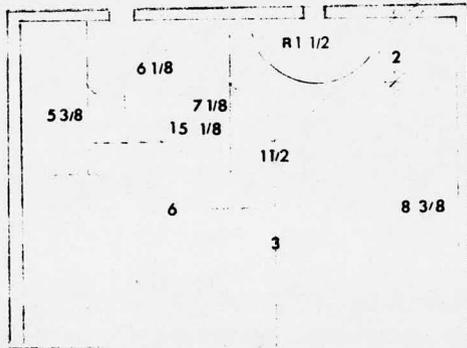
Modelo Block tipo U



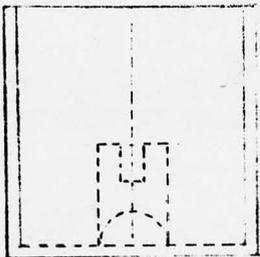
Modelo Block tipo Y



Modelo de Madera



Caja Corazon para los dos moldes



atacada y examinada. Este tipo de exámen nos dará el tipo de estructura de la matriz, presencia o ausencia de carburos y la estructura del grafito.

Las grandes variaciones encontradas en la estructura del grafito nos darán variaciones en sus propiedades, un corto resumen de las posibles estructuras la veremos en las fotos siguientes:

Es absolutamente esencial el averiguar que las piezas de fundición sean originadas por un buen tipo de aleación como magensio durante el proceso, para obtener un buen Hierro Nodular. Hasta que esto esté hecho, las piezas deberán de tenerse bien identificadas y deberán tener modo de poderseles hacer futuras inspecciones y poder ser rechazada si no está dentro de las especificaciones. Este es el principal y más importante control que se debe de llevar a cabo dentro del procedo de producción. Las muestras para la inspección deberán de ser tomadas muy cuidadosamente, si la inspección se limita a una observación, deberá ser tomada de el último hierro de la cuchara, después de haber vaciado las piezas, esta muestra nos presentará en las peores circunstancias la posible estructura y sus propiedades. Las muestras con amplias y diferentes formas y tamaños han sido usadas para estos tipos de pruebas.

La probeta más comúnmente usada es la de la AFS micro-cupón en adición a -- barras. Keel bloks que también son frecuentemente usadas.

Las observaciones que normalmente se realizan son las siguientes:

- a) % Nódulos
- b) Tamaño de los Nódulos
- c) Tipo de Nódulos
- d) % Ferrita
- e) % Perlita
- f) % Cementita

El grafito esferoidal virtualmente nunca es esferoidal, puede mostrar pequeñas o más extensas desviaciones de una forma de disco circular. Estas pequeñas desviaciones afectan las propiedades mecánicas ligeramente. Todas estas microestructuras se les puede considerar como estructuras de Hierro Nodular aceptables.

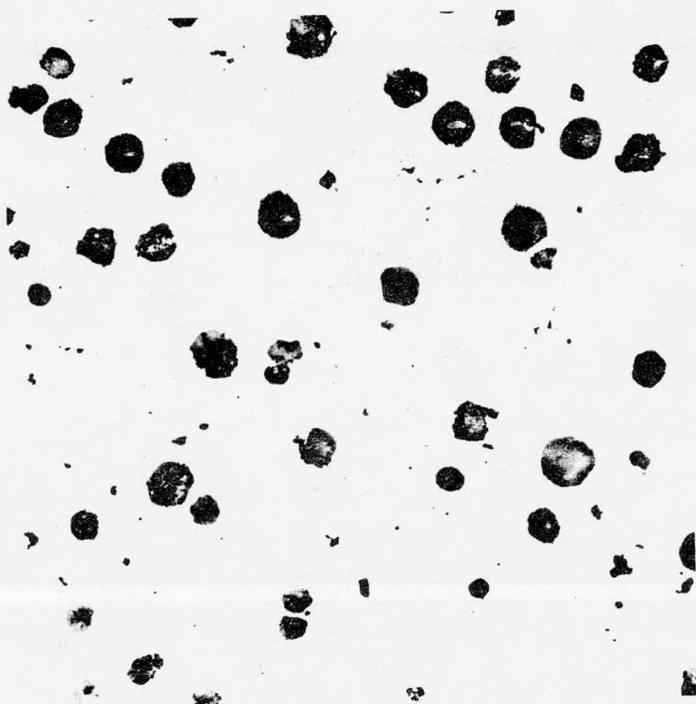
El tipo I es el más conveniente y el de mejor calidad y por tanto es más común encontrarlo en fundiciones de buen Hierro Nodular.

El tipo II es ligeramente de menor calidad, pero aún nos da buenas propiedades.

El tipo III es el vernicular o "quasi-flake", el cual es a menudo visto en diferentes porcentajes en piezas de Hierro Nodular y está normalmente asociado con un contenido insuficiente de magnesio.

FORMAS DE GRAFITO

GRAFITO ESFEROIDAL



100 x

Sin Atacar

La forma del Grafito puede ser perfectamente esférico ó ligeramente irregular.

GRAFITO ESFEROIDAL EN FORMA IRREGULAR

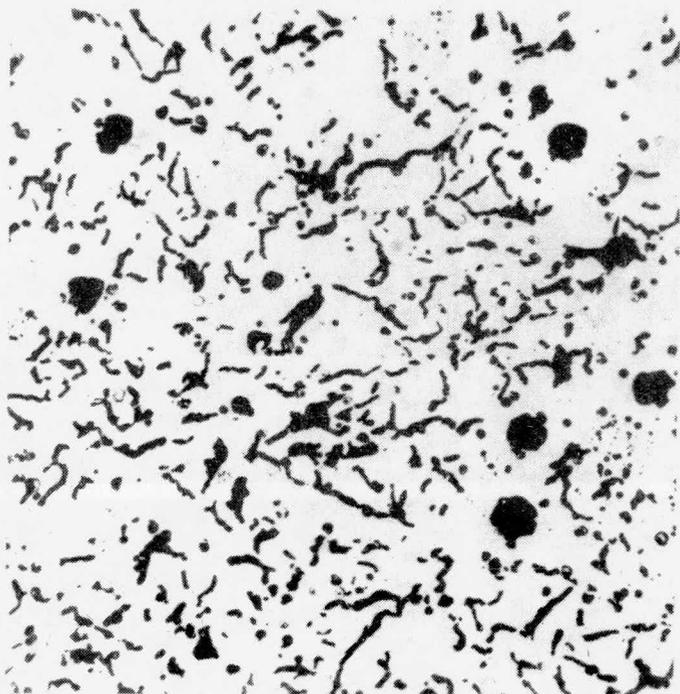


100 x

Sin Atacar

La formación de Nodulos en forma irregular es más frecuente en secciones gruesas de fundición, aunque ocurre en secciones delgadas. Una inoculación posterior con Silicio es a menudo un productor muy efectivo de formación de nodulos más esferoidales.

GRAFITO VERMICULAR

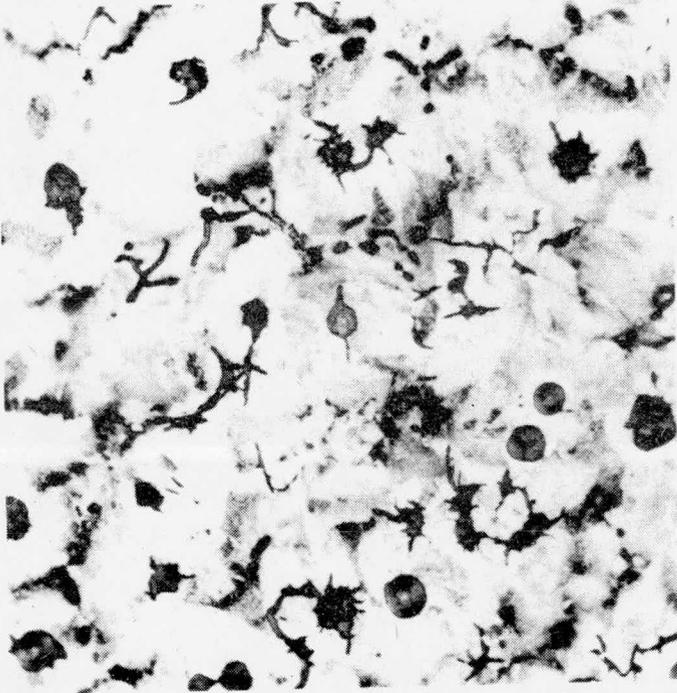


100 x

Sin Atacar

Esta forma de Grafito es usualmente combinada con un bajo contenido de Magnesio.

GRAFITO EN FORMA DE CANGREJO

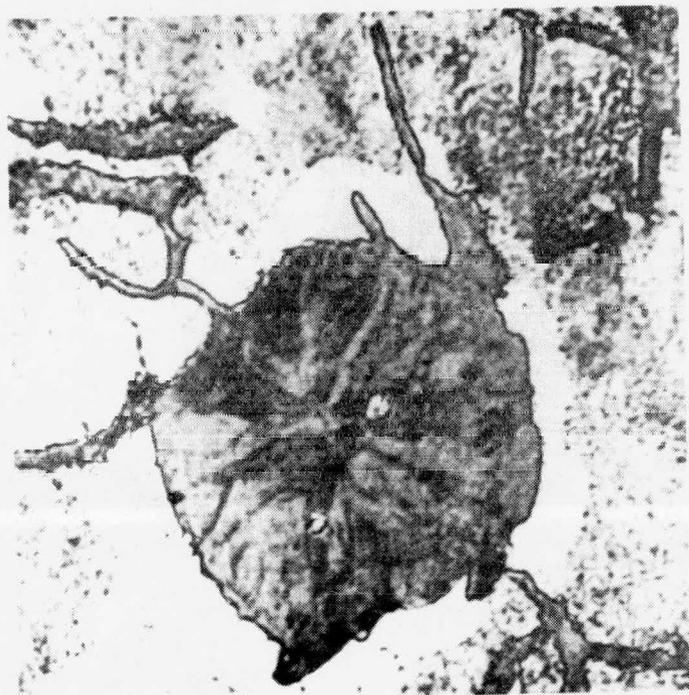


100 x

Picral

Este tipo de Grafito es provocado por un contenido excesivo de Magnesio.
O bien puede ser producido por la presencia de elementos contaminantes.

GRAFITO EN FORMA DE CANGREJO

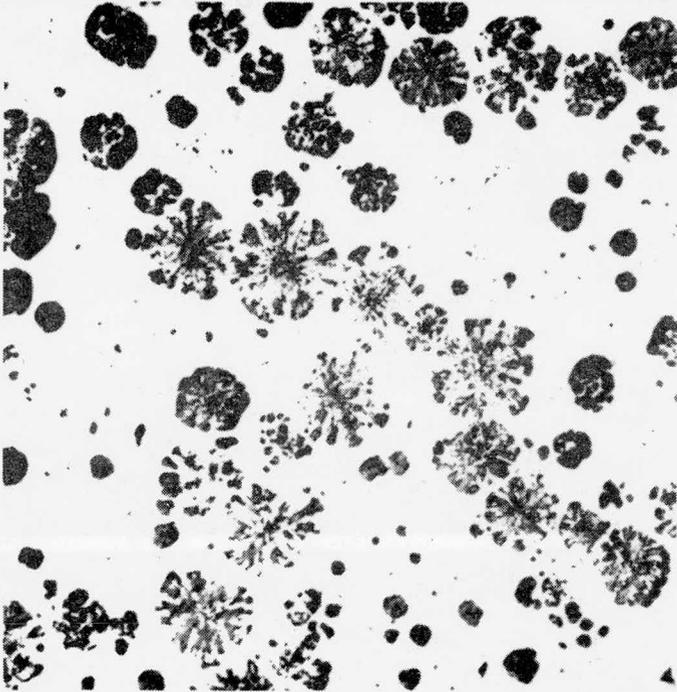


100 x

Picral

Este tipo de Grafito es provocado por un contenido excesivo de Magnesio.
O bien puede ser producido por la presencia de elementos contaminantes.

GRAFITO REVENTADO



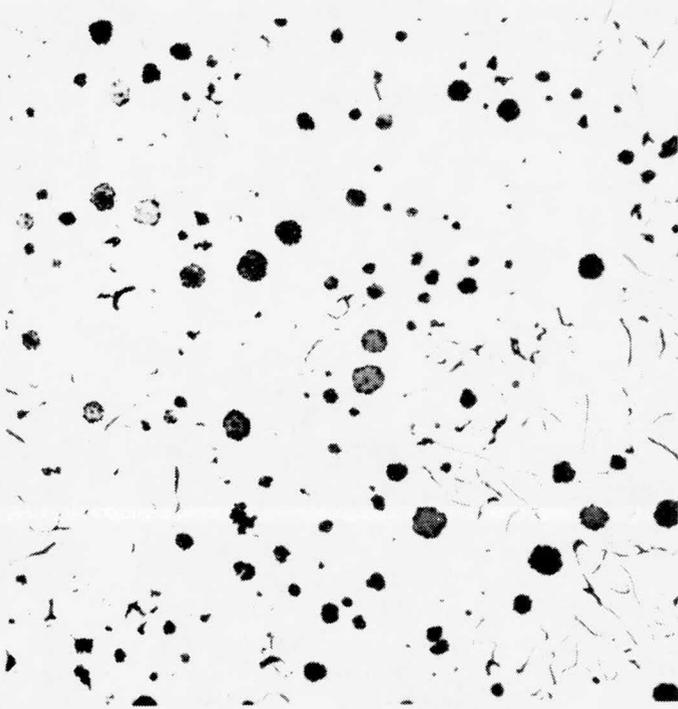
100 x

Sin Atacar

Esta forma de Grafito es más a menudo encontrarla cerca de la superficie de las secciones gruesas en contenidos anormales de Carbono equivalente.

Una lenta velocidad de solidificación combinada con secciones gruesas tiende a formar esta estructura.

GRAFITO LAMINAR



100 x

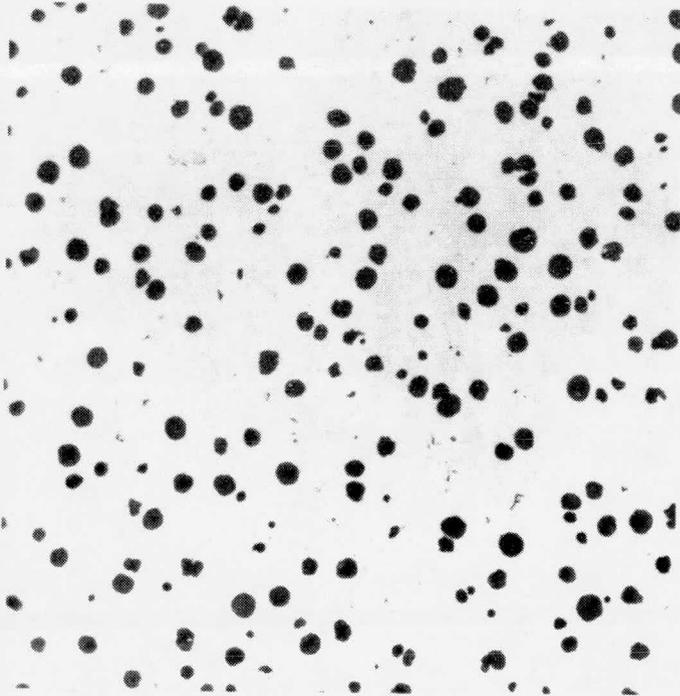
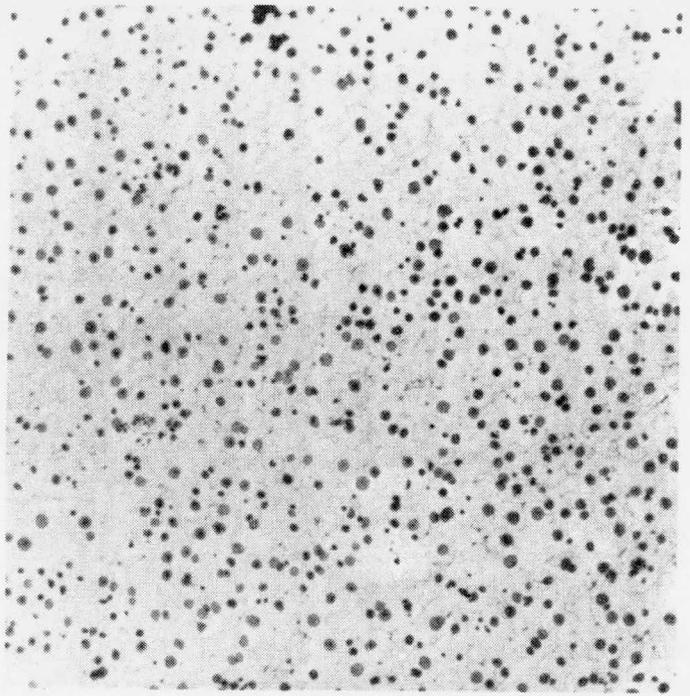
Sin Atacar

La combinación de Grafito Laminar y Grafito Esferoidal puede ser causada por un bajo contenido final de Magnesio.

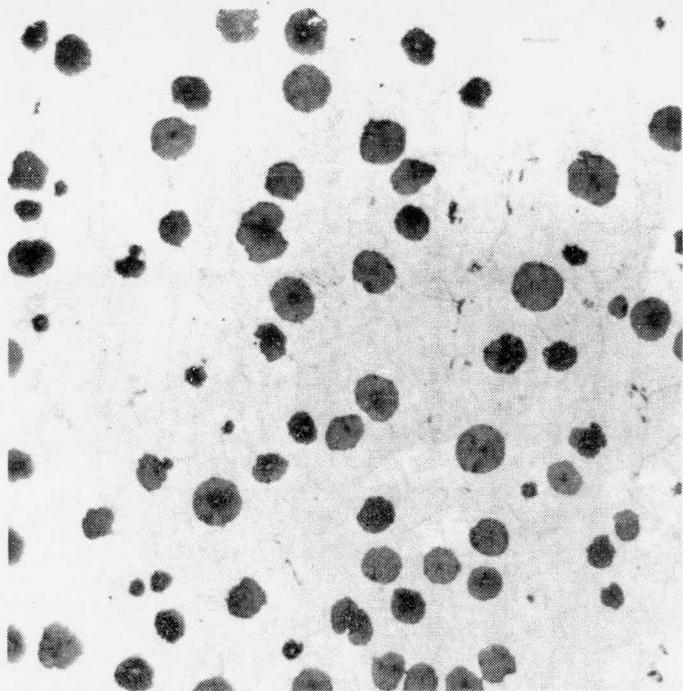
TAMAÑO DE NODULOS

Esta serie de fotografías nos muestran los diferentes tamaños de Nódulos que existen en el Hierro Nodular. Frecuentemente podemos encontrar más de uno de estos tamaños en la misma estructura. El tamaño del Nódulo esta afectado por la velocidad de enfriamiento, por el contenido de Carbón y por la Postinoculación del Silicio.

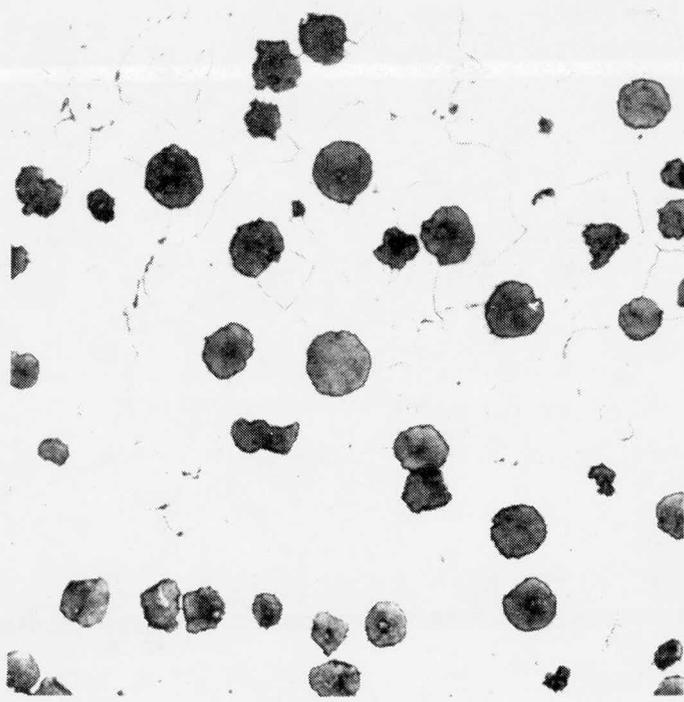
100 x



Sin Atacar

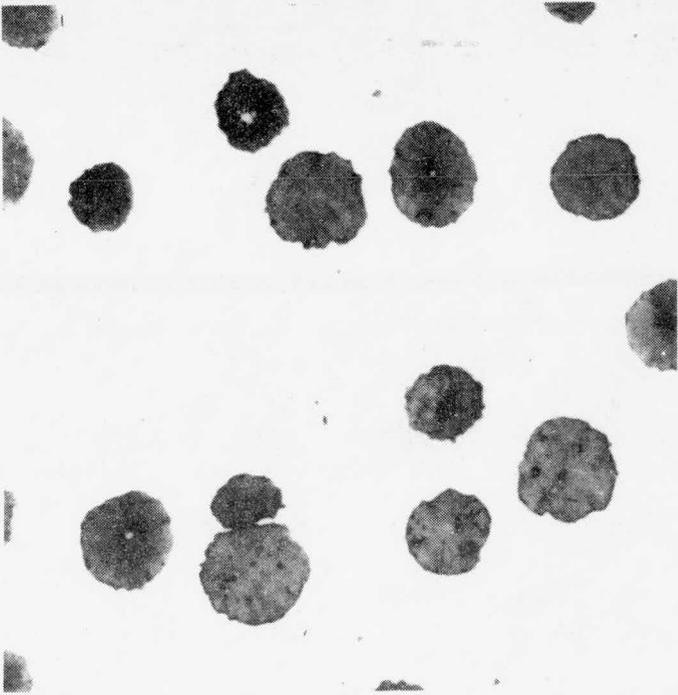


100 x



Sin Atacar

100x

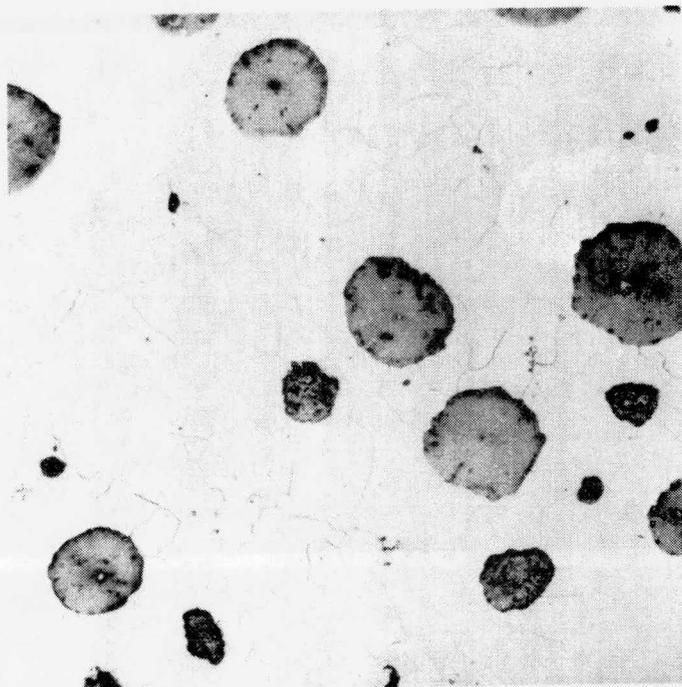


Sin Atacar

ESTRUCTURA DE LA

MATRIZ

FERRITA

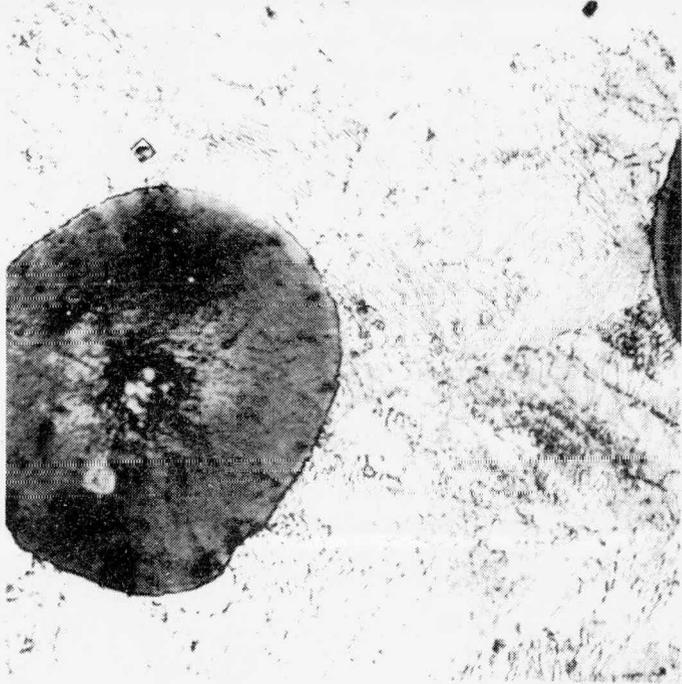


250 x

4 % Nital

La Matriz consiste en hierro con una poca cantidad de Carbon en solución. En estas condiciones, el material tiene una máxima ductibilidad, estabilidad - térmica y fácilmente maquinable.

PERLITA



1000 X

2% Nital

Las placas individuales de Cementita y Ferrita son visibles. La velocidad de enfriamiento del rango de Austenita determina la fineza del espacio de las placas. En algunas partes, las placas individuales pueden ser encerradas en espacios como no serán resueltos por una forma ordinaria.

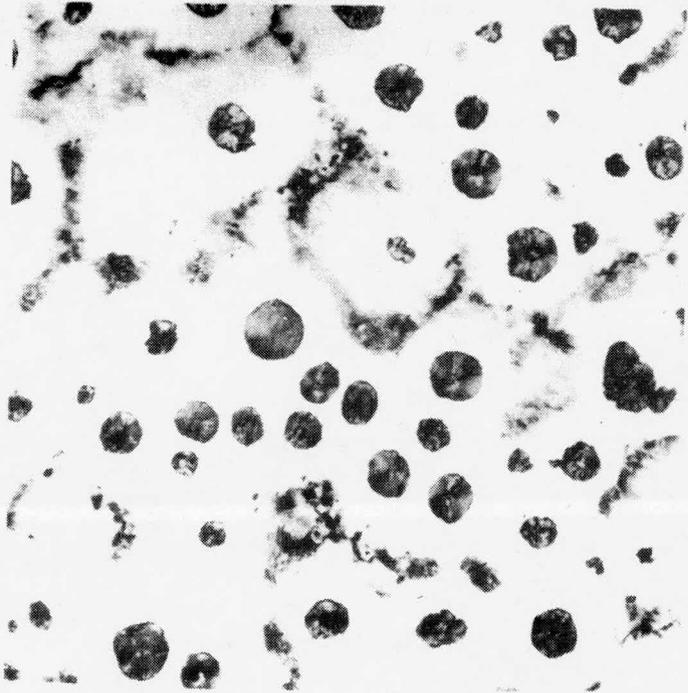
PORCENTAJE DE PERLITA

Esta serie de fotografías ilustran las posibles variaciones relativas en porcentajes de Perlita y Ferrita en la Matriz del Hierro Nodular.

Los porcentajes son medidos con un planímetro, son expresados como porcentajes de la Matriz, exclusivo del Grafito Nodular. Los Nodos de Grafito normalmente ocupan un 10% del area total. Incrementando de la velocidad de enfriamiento, reduciendo el contenido de Silicio y la presencia de ciertas aleaciones, aumentarán la cantidad de Perlita presente.

Estas aleaciones incluyen: Manganeso, Cromo, Niquel, Cobre, Estaño, y vanadio.

PORCENTAJE DE PERLITA

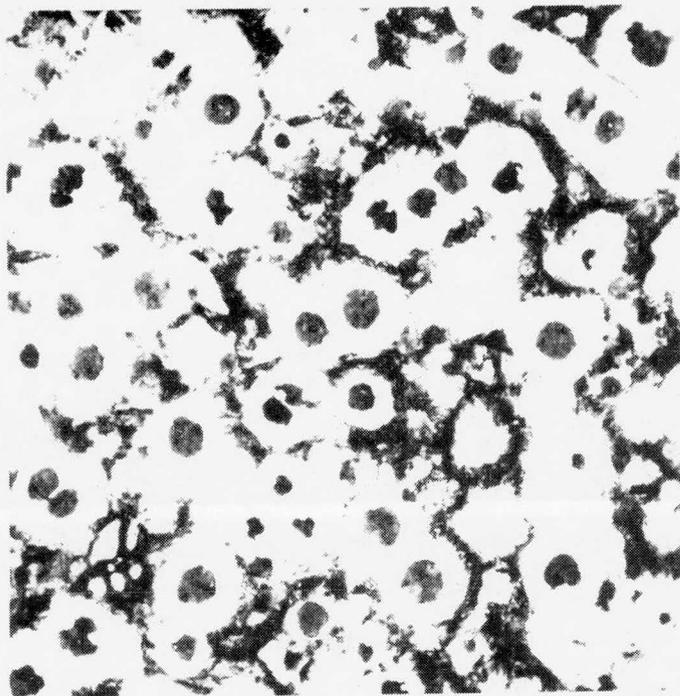


25% Perlita

100x

Sin Atacar

PORCENTAJE DE PERLITA

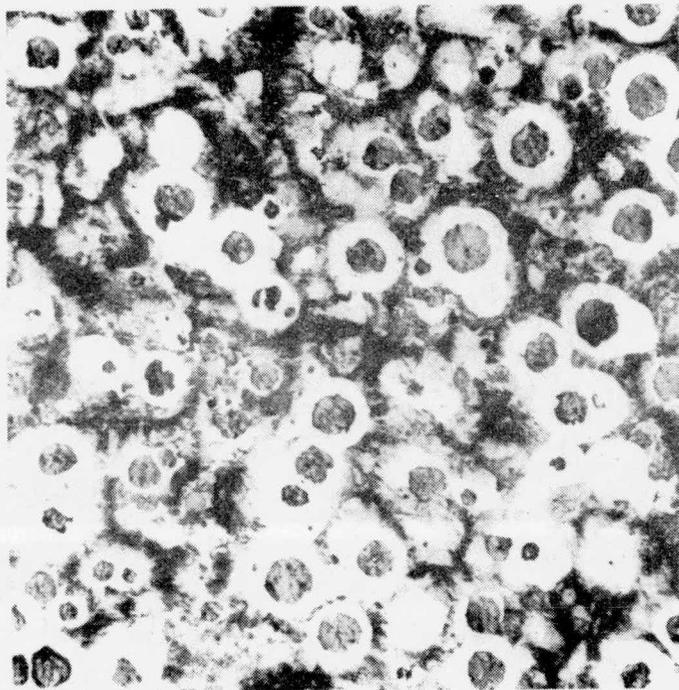


50 % Perlita

100 x

Sin Atacar

PORCENTAJE DE PERLITA

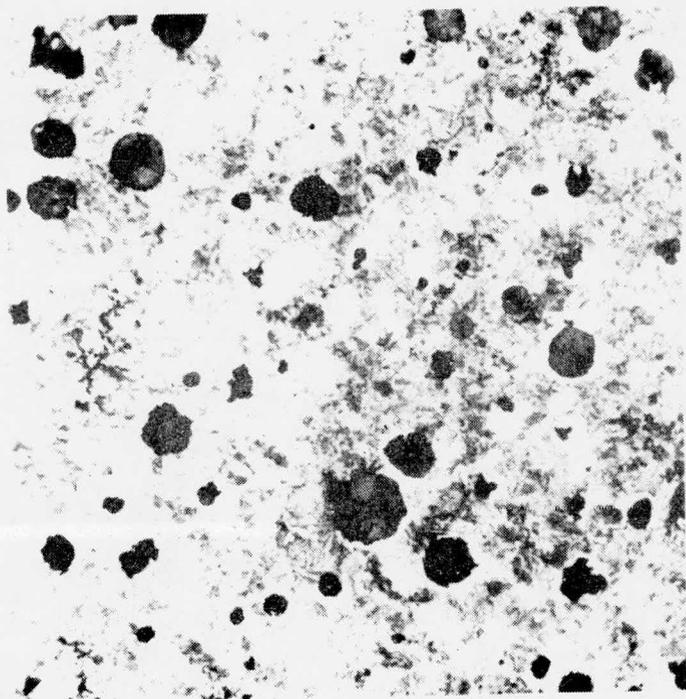


70% Perlita

100x

Sin Atacar

PORCENTAJE DE PERLITA

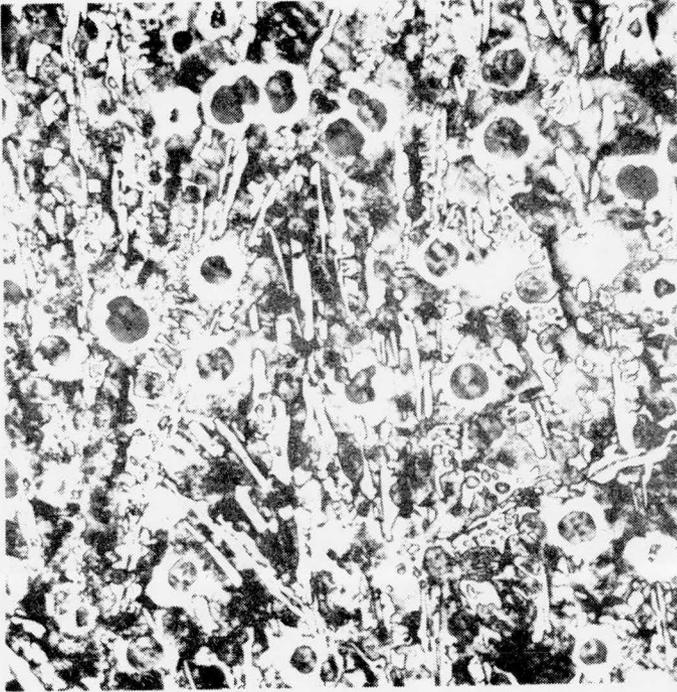


96^o Perlita

100 x

Sin Atacar

CARBUROS



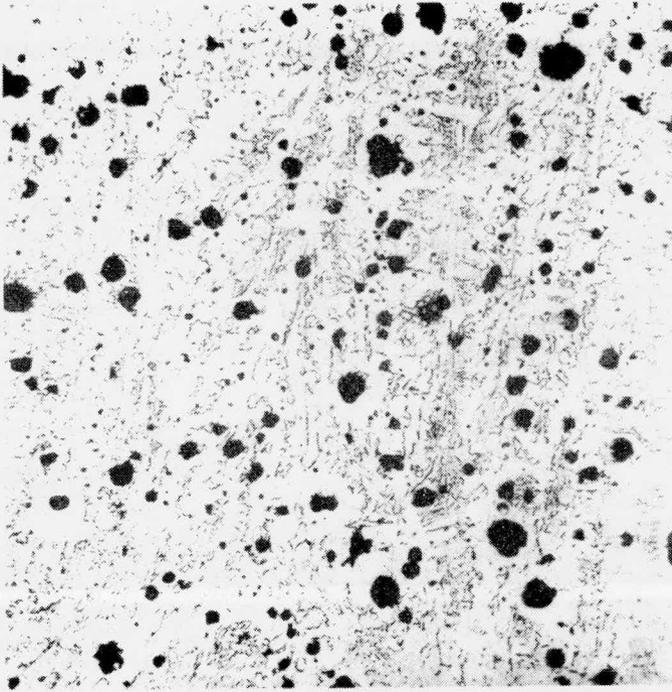
250 X

Pical

La formación de Carburo en forma Acicular es creada por un incremento en contenido de ciertas aleaciones, una rápida velocidad de enfriamiento combinada con secciones delgadas y reducidas cantidades de Carbon ó Solicio en el metal.

Las aleaciones consideradas son fuertes formadores de Carburos como el cromo, manganeso y vanadio. Los Carburos solo pueden ser formados durante el proceso de Solidificación.

CARBUROS

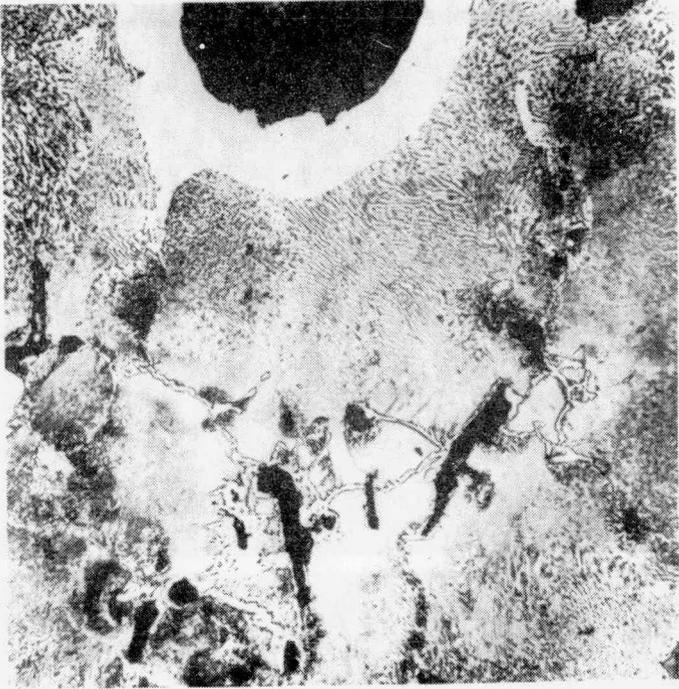


100 X

Nital

Los Carburos presentes en la estructura original no serán modificados por tratamiento térmico, aunque la Perlita ha sido convertida en Ferrita.

CARBURO-INTERCELULAR

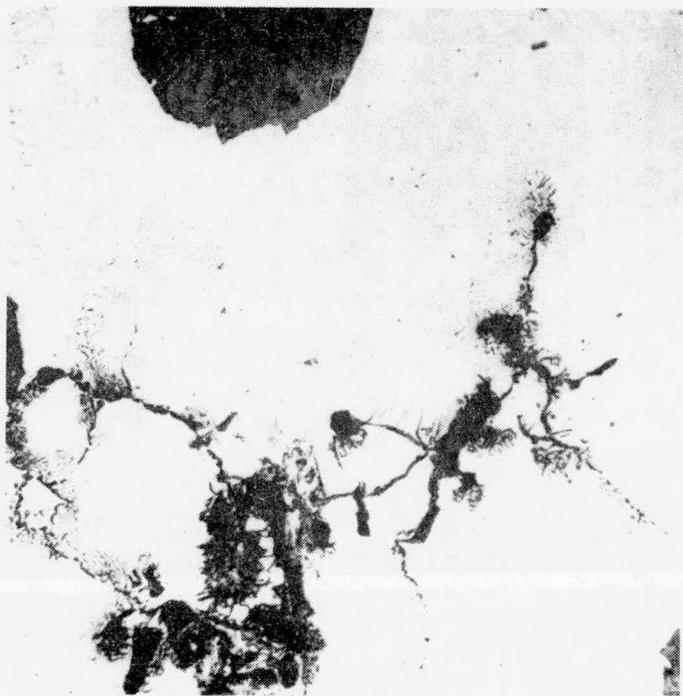


500X

Picral

La cadena intercelular de Carburoides puede ser formada por un alto contenido de Magnesio. La cadena de Carburoides no es atacada por el Picral para grabar fuertemente. Pero es obscurecido y fuertemente gravado en contacto con el picrato alcalino de sodio, haciendo este distinguible de otros constituyentes.

CARBURO-INTERCELULAR

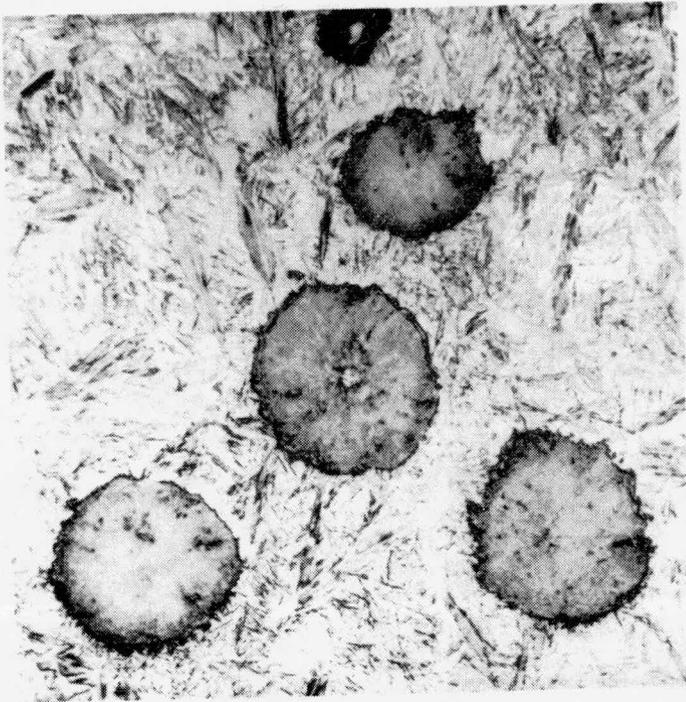


500X

Picrato Alcalino de Sodio

La cadena intercelular de Carburos puede ser formada por un alto contenido de Magnesio. La cadena de Carburos no es atacada por el Picral para grabar fuertemente. Pero es oscurecido y fuertemente gravado en contacto con el picrato alcalino de sodio, haciendo este distinguible de otros constituyentes.

MARTENSITA

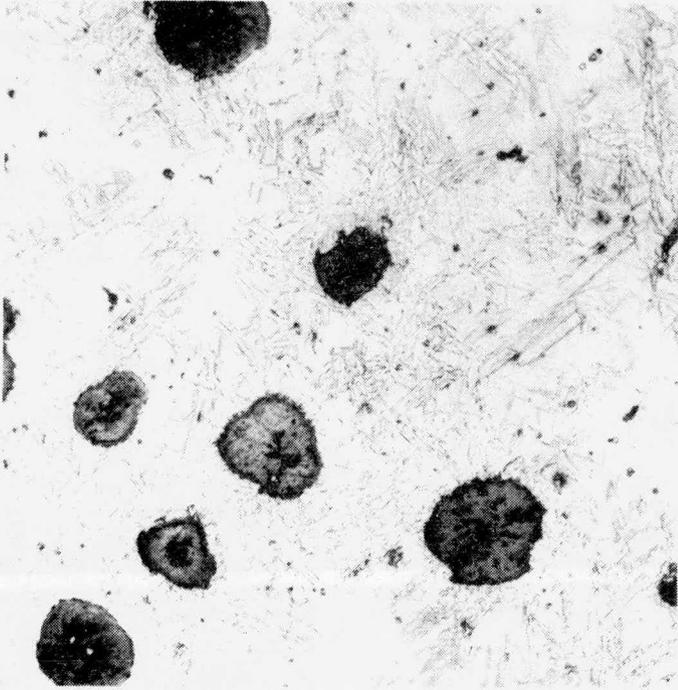


500X

4% Picral

La Martensita es un constituyente muy duro, es formado por una muy rápida velocidad de enfriamiento, Temple con aceite, Hierro Nodular de rojo cerezo o bien por la presencia de alguna aleación de elementos que evitan la formación de Perlita y Ferrita.

ACICULAR



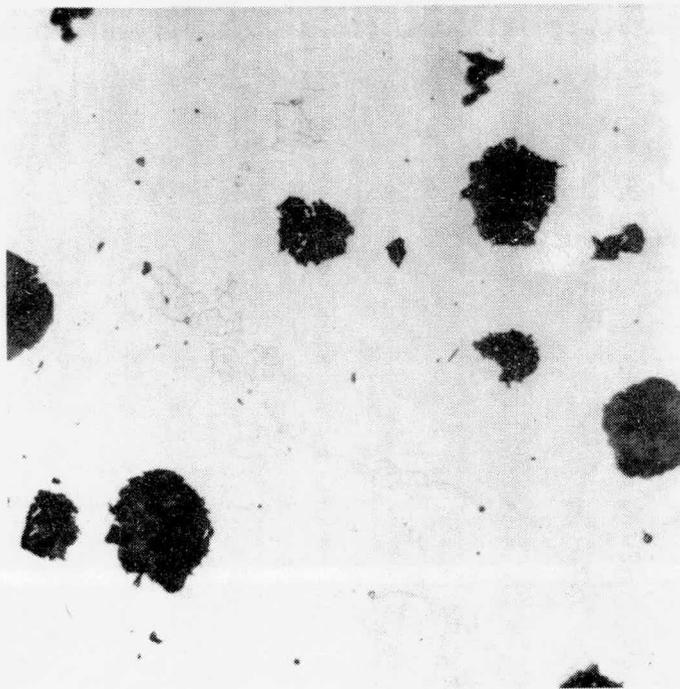
250 X

2% Nital

Esta estructura es típica de aleaciones de hierro conteniendo grandes cantidades de Niquel y Molibdeno en este caso 1.95% y 0.70% respectivamente.

El contenido de aleación tiene como resultado la formación de bainita, un producto de transformación intermedia entre Martensita y Perlita.

AUSTENITA



250 X

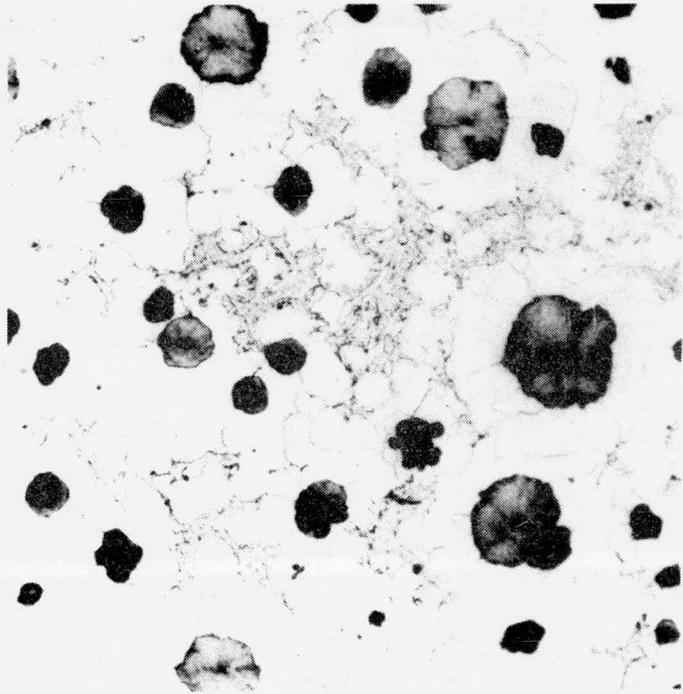
4% Nital

La Matriz consistente de Austenita con cromo rico en presencia de Carburos en los límites de la celda. Un alto contenido de Niquel forma la Austenita siendo retenida en un cuarto de temperatura. La omisión de cromo, podría resultar un Carburo libre en la Matriz Austenita

Composición Aproximada

<u>C</u>	<u>Si</u>	<u>Mn</u>	<u>Ni</u>	<u>Cr</u>	<u>Mg</u>
2.70	2.00	1.00	20.00	2.00	0.05

ESTEADITA



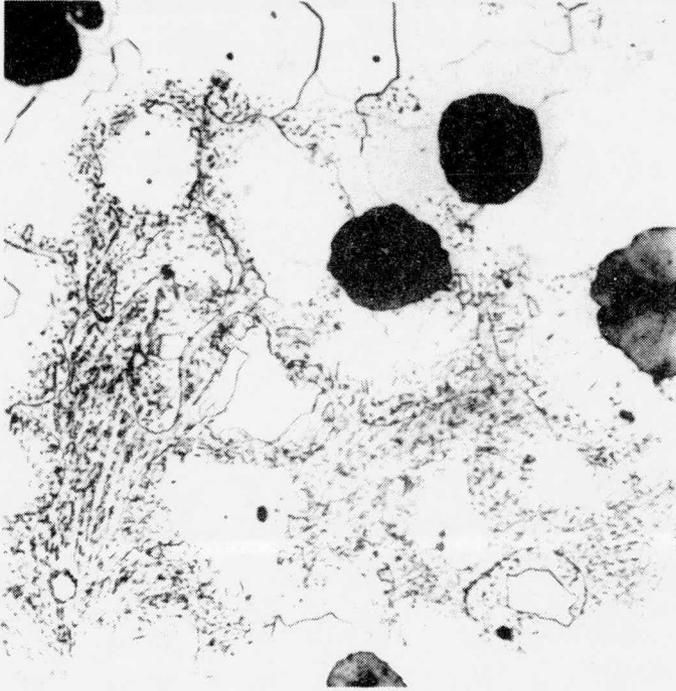
150 X

Nital

Una gran concentración de Esteradita, en fósforo de hierro insoluble, es comúnmente encontrado cuando el contenido de fósforo es mayor de 0.08%.

La esteradita puede ser distinguida de los carburos por estar manchado ó moteado aparentemente. Esto es decremanta las propiedades mecánicas y no pueden ser eliminadas por tratamiento térmico.

ESTEADITA



500X

Nital

Una gran concentración de Esteadita, es fósforo de hierro insoluble, es comúnmente encontrado cuando el contenido de fósforo es mayor de 0,03%.

La esteadita puede ser distinguida de los carburos por estar manchado ó moteado aparentemente. Esto es decremanta las propiedades mecánicas y no pueden ser eliminadas por tratamiento térmico.

El tipo IV se presenta con menor frecuencia pero es visto donde hay un excesivo contenido de magnesio o cuando hay presencia de elementos nocivos.

El tipo V es visto raras veces y es visto asociado principalmente con hierro hipercutético y secciones gruesas.

D) POR PRUEBAS MECANICAS.

Son las propiedades de un material que esté relacionado con la reacción elástica e inelástica que tal material presenta cuando se le aplica una fuerza; o sea las propiedades que comprenden las relaciones entre el esfuerzo y la deformación. Los especímenes de prueba con un maquinado o preparación inadecuada pueden conducir a resultados erróneos, por lo que se debe tener cuidado para asegurar un buen acabado.

Los especímenes que no estén maquinados correctamente deben ser descartados y sustituidos. Si cualquier espécimen muestra defectos superficiales se debe tomar en cuenta la posibilidad de una doble prueba según lo indique la norma aplicable, ya que tales defectos pueden afectar los resultados de la prueba.

Si en cualquier espécimen de prueba la falla ocurre debido a desperfectos mecánicos atribuibles al equipo de prueba o a una preparación inadecuada del espécimen, éste se debe descartar y sustituir por otro.

1. Tensión.

La prueba de tensión consiste en someter a un espécimen maquinado o bien -- con la sección original del producto a una carga cuantificada y suficiente para causar una ruptura.

La muestra para las pruebas se deben tomar de acuerdo con las normas aplicables al producto.

Las muestras de las cuales se van a preparar especímenes para prueba de tensión, deben ser vaciadas junto con la pieza cuando sea practicable.

Si el diseño de la pieza fundida es tal que las muestras no pueden ser obtenidas simultáneamente, las muestras deben vaciarse por separado pero de la misma sangrada. Los especímenes de prueba deben ser obtenidos de porciones del material, ya sea cortando o aserrando. Generalmente se maquinan de manera que se obtenga una sección transversal reducida en la parte central de la muestra a fin de obtener una distribución uniforme del esfuerzo sobre la sección transversal y localizar la zona de fractura.

Las dimensiones y tolerancias para los especímenes normales de prueba deben ser tal como se muestra en las figuras 1 y 2. La selección de las dimensiones y tipo de espécimen, está fijada por las normas aplicables al producto. Los especímenes de sección completa, deben probarse con una longitud calibrada de 203.20 mm, exceptuando cualquier cosa en contrario indicada en la norma particular del producto.

Para determinar el área de la sección transversal, debe medirse el diámetro en el centro de la longitud calibrada con una aproximación de 0.03 mm. Los especímenes de prueba deben ser de sección completa o maquinados según se indique en las normas del producto bajo prueba.

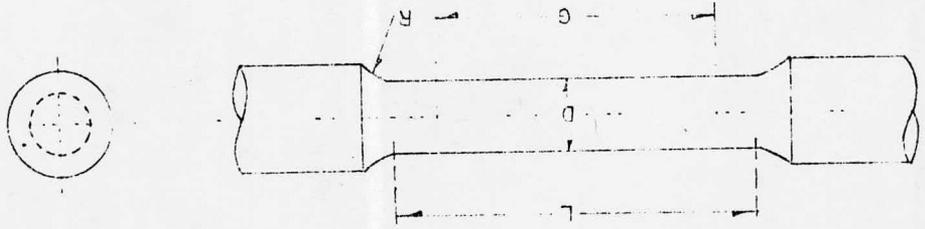
A menos que se especifique de otra manera, debe permitirse envejecer a los especímenes de prueba. El ciclo de tiempo y temperatura empleada debe ser tal, que los efectos de los procesos previos no se vean materialmente modificados. Esto se puede lograr envejeciendo a temperatura ambiente durante 24 ó 48 horas, o un tiempo más corto a temperatura moderadamente elevada, la cual se logra colocando el espécimen en agua hirviendo, calentándolo en aceite o en una estufa.

Los especímenes de prueba preparados inadecuadamente a menudo causan resultados erróneos. Es importante por lo tanto, que se tenga el mayor cuidado en la preparación de los especímenes, particularmente en el maquinado, para asegurar un buen acabado.

Para provocar la fractura en el centro de la longitud calibrada, es conveniente tener la menor área transversal en este punto. Esto se logra mediante el desvanecimiento que tiene cada uno de los especímenes.

II. Porcentaje de Alargamiento.

Los especímenes deben marcarse mediante punzón, rayadores, o algún otro --



Especimen estándar	Redondo de 12.70 mm	50.80 mm ± 0.13 mm	12.70 mm ± 0.25 mm	9.53 mm	57.15 mm	44.45 mm	31.75 mm
Especimen de tamaño pequeño proporcional al estándar	Redondo de 6.35 mm	35.56 mm ± 0.13 mm	8.69 mm ± 0.16 mm	9.53 mm	44.45 mm	31.75 mm	31.75 mm

FIG-3. Especimen redondo estándar de 12.70 mm de diámetro y 50.80 mm de longitud calibrada y ejemplos de especímenes pequeños proporcionales a los estándar.

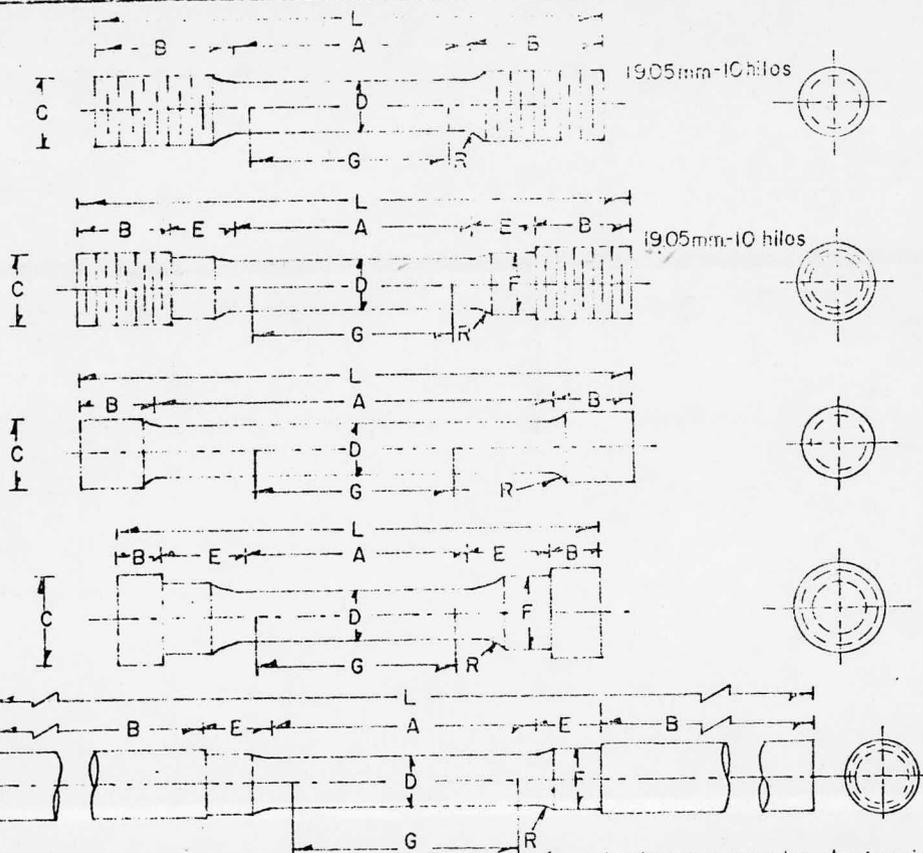
NOTAS DE LA FIGURA No. 1

NOTA 1. La sección reducida puede tener un desván gradual del centro hacia los extremos, pero éstos no serán mayores en más de 0.127 mm en su diámetro que la dimensión o diámetro central; ni mayores de 0.076 mm que la medida central para los especímenes de tamaño menor.

NOTA 2. Si se desea en el caso de los especímenes de tamaño menor, se puede aumentar la longitud de la sección reducida para acomodar un extensómetro. Sin embargo, las marcas de calibración para medir el alargamiento estarán espaciadas a la longitud especificada.

NOTA 3. La longitud calibrada y la zona de transición, deben ser como se indica en la figura, pero los extremos podrán ser de cualquier forma que se acomode a las mordazas de la máquina de prueba, a fin de que la carga sea axial (Ver figura Número 2). Si los extremos del espécimen se van a sujetar con mordazas, es conveniente que la zona de sujeción del espécimen tenga una longitud de cuando menos las dos terceras partes de la longitud de la mordaza.

NOTA 4. Para los especímenes redondos estándar de las figuras 1 y 2, las longitudes calibradas son iguales a 4 veces el diámetro. En las normas de algunos productos, se prevén otros especímenes, pero a menos que se mantenga la relación de 4 a 1, los valores de alargamiento y reducción de área no serán comparables a los obtenidos con especímenes estándar de prueba.



Varios tipos de extremos para especímenes estandar de sección redonda para prueba de tensión.

DIMENSIONES

Especímen

	1	2	3	4	5
Longitud librada en mm	50.80 ± 0.12				
Diámetro (Nota 1) en mm	12.70 ± 0.25				
Radio de la zona de transición en mm	9.53 min	9.53 min	1.59 min	9.53 min	9.53 min
Longitud de la sección reducida en mm	57.15 min	57.15 min	100 aprox.	57.15 min	57.15 min
Longitud total en mm	130 aprox.	140 aprox.	140 aprox.	120 aprox.	240 aprox.
Longitud de la zona de sujeción (nota 2) en mm	35 aprox.	25 aprox.	20 aprox.	13 aprox.	75 min
Diámetro de la zona de sujeción en mm	19	19	18	22	19
Longitud del resalte mas zona de transición en mm	—	16 aprox.	—	20 aprox.	16 aprox.
Diámetro del resalte en mm	—	16	—	16	15

medio adecuado. El propósito de estas marcas de calibración es determinar-- el por ciento de alargamiento. Las marcas efectuadas con punzón deben ser ligeras, agudas y la distancia entre ellas debe medirse con precisión.

En los especímenes duros, las marcas de calibración pueden provocar sobre - ellas la fractura.

Las marcas para medir el alargamiento después de la fractura deben ser efectuadas en el lado plano o en el centro del espécimen plano para la prueba - de tensión y dentro de la sección paralela, para el espécimen de 203.20 mm- de longitud calibrada (■), opcionalmente pueden usarse marcas interme- dias de calibración a lo largo del espécimen.

Los especímenes se marcan con un punzón de doble punto, o por un sistema - adecuado. Los puntos marcados deben estar aproximadamente equidistantes del centro de la longitud de la sección reducida. Las mismas precauciones deben observarse cuando el espécimen de prueba es de sección completa.

Los extremos del espécimen fracturado deben ajustarse cuidadosamente y la - distancia entre las marcas de calibración debe medirse con una aproximación de 0.25 mm para longitudes calibradas de 50.80 mm y menores y con una apro- ximación hasta de 0.5% de la longitud calibrada, para longitudes calibradas mayores de 50.80 mm.

TABLA I

DETALLE PARA EL DISEÑO DE LOS ESPECIMENES DE PRUEBA DE FUNCIONES

Dj

DISEÑO DE LA PROLONGACION (O PIERNA)

DISEÑO DEL ALIMENTADOR

<p>1. L (longitud)</p>	<p>Se usará una longitud mínima de - 127 mm. Esta longitud podrá aumentarse a opción de la fundición para acomodar barras adicionales de - prueba.</p>	<p>1. L (longitud)</p>	<p>La longitud del alimentador en la base debe ser la misma que la de la parte superior de la pierna o brazo. La longitud de la parte superior del alimentador depende de su desván.</p>
<p>2. Desván del - Extremo</p>	<p>El uso y tamaño - debe estar a opción de la fundición</p>	<p>2. Ancho</p>	<p>El ancho del alimentador en la base de un bloque de varias piernas debe ser, de ---- 57.15 a 7.94 mm, - donde no es igual al número de piernas del bloque. El ancho del alimentador en su parte superior depende de su desván.</p>
<p>3. Altura</p>	<p>33.34 mm</p>		
<p>4. Ancho (parte superior)</p>	<p>33.34 mm</p>		
<p>5. Radio (parte inferior)</p>	<p>12.7 mm más</p>		
<p>6. Espaciamiento entre las prolongaciones.</p>	<p>Se debe usar un radio de 12.7 entre las prolongaciones.</p>	<p>3. T desván --- (cuña) del - alimentador. Altura</p>	<p>El uso y tamaño - del desván queda a opción del fundidor La altura mínima del alimentador - debe ser de 50.8- mm.</p>

...2...

TABLA I

DETALLES PARA EL DISEÑO DE LOS ESPECIMENES DE PRUEBA DE FUNCIONES

DISEÑO DE LA PROLONGACION (O PIERNA)	DISEÑO DEL ALIMENTADOR
7. Localización de las barras de prueba.	Los especímenes para prueba de tensión, doblado e impacto se toman de la parte inferior de la prolongación.
8. Número de prolongaciones.	Debe estar a opción de la fundición, suponiendo que están equidistantes de acuerdo al punto 6.
9. R	Radio de 0 a aproximadamente de 1.59 mm.
	La altura máxima del alimentador queda a opción del fundidor por las siguientes razones: a) Muchos alimentadores son abiertos. b) Diferentes composiciones pueden requerir variaciones en el alimentador para que el metal quede sano. c) Diferentes temperaturas de vaciado pueden requerir variación en el alimentador.

El alargamiento es el aumento de la longitud de la zona calibrada original. Para informar sobre los valores de alargamiento, deben citarse tanto el porcentaje de aumento como la longitud calibrada original. Si cualquier parte de la fractura se presente fuera de las dos cuartas partes centrales de la longitud calibrada, en las marcas de calibración o fuera de la sección reducida, el valor del alargamiento puede no ser representativo del material. - Si el alargamiento medido en estas condiciones satisface los requisitos mínimos especificados, no se requerirá prueba posterior, si no cumple con los requisitos mínimos especificados, esta prueba debe descartarse y se debe -- efectuar un reensayo.

III. Prueba de Dureza.

La dureza es la resistencia de un material a la deformación, particularmente a la deformación permanente a la penetración o al rayado.

La prueba de la dureza es un medio para determinar la resistencia a la penetración y ocasionalmente se emplea para obtener una aproximación de la resistencia a la tensión, en la tabla II se encuentran los valores para conversión de dureza de una escala a otra, así como los datos aproximados de la resistencia a la tensión correspondiente.

Existen varios métodos para determinar dureza, los más comunes son el ----- Brinell y el Rockwell.

Prueba de Dureza Brinell

Consiste en aplicar una carga especificada a una superficie plana del espécimen bajo prueba, mediante un balín duro de diámetro especificado. El diámetro promedio de la huella del balín se usa como base para el cálculo del número de dureza. El cociente de la carga aplicada entre el área de la superficie de la huella que se supone es esférica, se llama número de dureza Brinell y se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

Cálculo:

$$DB = \frac{P}{\frac{\pi D}{2} (D - D^2 - d^2)}$$

Donde:

DB - Número de Dureza Brinell

P - Carga aplicada en Kilos

D - Diámetro en m del balín

d - Diámetro promedio de la huerra en mm.

El número de dureza Brinell se puede obtener de tablas que muestran los números DB que corresponden a los posibles diámetros de la huella; usualmente estos números están indicados en incrementos de 0.05 mm.

Para la prueba Brinell normal en el caso de materiales duros, se usa un balín de 10 mm. de diámetro y se emplea una carga de 3,000 kilos, para secciones delgadas a materiales suaves se usa una carga de 1,500 a 500 kilos.

Se pueden usar otras cargas y diferentes tamaños de balines cuando así se especifique. Para reportar los valores de durezas se debe citar el diámetro del balín de 10 mm de diámetro y carga de 3,000 kilos, se debe especificar adecuadamente un rango de dureza únicamente para materiales templados y renevidos o normalizados y revenidos. Para los materiales recocidos se debe especificar únicamente un máximo y para los materiales normalizados se puede especificar un mínimo o un máximo, mediante acuerdo entre comprador y vendedor. En general no se deben aplicar requisitos de dureza a materiales que no se someten al tratamiento térmico. Cuando no se especificuen propiedades de la tensión y se llegue a ese acuerdo, la dureza Brinell puede substituirse a las pruebas de tensión, a fin de facilitar la prueba de un gran número de piezas del mismo lote.

El equipo debe cumplir los siguientes requisitos:

a) Máquina de Prueba.

Es aceptable únicamente dentro del rango en el cual es mecanismo de medición de carga que proporcione una exactitud de un 3%.

b) Microscopio Micrométrico.

Debe dar un error máximo de 0.02 mm a través de todo el rango que cubra.

c) Balín Standard.

Debe ser de 10 mm de diámetro con una tolerancia de 0.01 mm sobre cualquier de sus ejes. Un balín adecuado para este uso no debe mostrar un cambio permanente en su diámetro mayor de 0.01 mm, cuando se comprima con una fuerza de 3,000 kilos, contra el espécimen.

d) Espécimen.

La prueba de dureza Brinell se efectúa sobre áreas previamente preparadas y de las cuales deben removerse suficiente material superficial, para eliminar la zona carburada y otras irregularidades. El grueso del espécimen debe ser tal que no aparezca ninguna marca que muestre el efecto de la carga en el lado opuesto a la huella.

Procedimiento:

Es esencial que las normas aplicables al producto indiquen claramente la posición en la cual debe hacerse la prueba de dureza, así como el número -

de huellas que se requieran, la distancia del centro de la huella a la orilla del espécimen o de otra huella, debe ser de cuando menos 3 veces su diámetro.

La carga debe aplicarse durante un mínimo de 10 segundos y se deben medir dos diámetros de la huella a ángulos rectos, con una aproximación de 0.1-- mm estimados hasta 0.05 mm y promedios hasta 0.05 mm.

Si los dos diámetros difieren en más de 0.1 mm la lectura debe descartarse y se debe efectuar una nueva prueba. Los balines de acero no deben usarse para materiales que tengan una dureza arriba de 444 DB, ni deben usarse balines de carburo para materiales con una dureza arriba de 627 DB; por lo que la prueba Brinell no es recomendable para materiales con una dureza DB mayor de 627.

Prueba de Dureza Rockwell.

En esta prueba se obtienen los valores de dureza usando una máquina de prueba de lectura directa que mide la profundidad de penetración en el espécimen de una punta de diámetro o de un balín de acero bajo ciertas condiciones establecidas. Se aplica primero una carga pequeña de 10 kilos, la cual causa una penetración inicial, ajusta al penetrarlo sobre el material y lo mantiene en posición.

A continuación se aplica una carga mayor (que depende de la escala que se esté usando) que aumenta la profundidad de la huella, se quita esta carga y con la carga pequeña aún actuando, se lee directamente en la carátula calibrada el número de dureza Rockwell, que es proporcional a la diferencia de penetración entre la carga mayor y la menor; este es un número arbitrario que aumenta con la dureza, las escalas más frecuentemente usadas son las siguientes:

ESCALA	PENETRADOR	CARGA MAYOR KGS.	CARGA MENOR KGS.
B	Balín de 1.59 mm	100	10
C	Diamante	150	10

Las máquinas Rockwell para dureza superficial se usan para probar piezas de acero muy delgadas o bien la dureza de capas superficiales. Para este tipo de prueba se aplican cargas de 15, 30 y 45 kilos mediante un balín de acero o un penetrador de diamante, con lo cual se cubren los mismos rangos de dureza que con cargas mayores.

Las escalas para medir la dureza superficial son las siguientes:

TABLA III

RELACION APROXIMADA DE NUMERO DE DUREZA BRINELL Y ROCKWELL CON RESPECTO A LA RESISTENCIA A LA TENSION

DIAMETRO DE LA HUELLA BRINELL.	NUMERO DE DUREZA BRINELL		NUMERO DE DUREZA ROCKWELL		NUMERO DE DUREZA ROCKWELL SUPERFICIAL CON PENETRACION DE DIAMANTE.			RESISTENCIA A LA TENSION (APROX.) --- KG/MM ²
	BALIN NORMAL	BALIN DE CARBURO DE TUNGSTENO.	ESCALA B	ESCALA C	ESCALA 15N	ESCALA 30N	ESCALA 45N	
2.45	-	627	-	58.7	89.6	76.3	65.1	243
2.50	-	601	-	57.3	89.0	75.1	63.5	230
2.55	-	578	-	56.0	88.4	73.9	62.1	219
2.60	-	555	-	54.7	87.8	72.7	60.6	209
2.65	-	534	-	53.5	87.2	71.6	59.2	202
2.70	-	514	-	52.1	86.5	70.3	57.6	192
2.75	-	495	-	51.0	85.9	69.4	56.1	185
2.80	-	477	-	49.6	85.3	68.2	54.5	176
2.85	-	461	-	48.5	84.7	57.2	53.2	169
2.90	-	444	-	47.1	84.0	65.8	51.5	161
2.95	429	429	-	45.7	83.4	64.4	49.9	153
3.00	415	415	-	44.5	82.8	63.5	48.4	148
3.05	401	401	-	43.1	82.0	62.3	46.9	141
3.10	388	388	-	41.8	81.4	61.1	45.3	135
3.15	375	375	-	40.4	80.6	59.9	43.6	129
3.20	363	363	-	39.1	80.0	58.7	42.0	124

...2...

3.25	352	352	-	37.9	79.3	57.6	40.5	120
3.30	341	341	-	36.6	78.6	56.4	39.1	155
3.35	331	331	-	35.5	78.0	55.4	37.8	111
3.40	321	321	-	34.3	77.3	54.3	36.4	107
3.45	311	311	-	33.1	76.7	53.3	34.4	104
3.50	302	302	-	32.1	76.1	52.2	33.8	102
3.55	293	293	-	30.9	75.5	51.2	32.4	99
3.60	285	285	-	29.9	75.0	50.3	31.2	97
3.65	277	277	-	28.8	74.4	49.3	29.9	94
3.70	269	269	-	27.6	73.7	48.3	28.5	91
3.75	262	262	-	26.6	73.1	47.3	27.3	89
3.80	255	255	-	25.4	72.5	46.2	26.0	87
3.85	248	248	-	24.2	71.7	45.1	24.5	84
3.90	241	241	100.0	22.8	70.9	43.9	22.8	81
3.95	235	235	99.0	21.7	70.3	42.9	21.5	80
4.00	229	229	98.2	20.5	69.7	41.9	20.1	78
4.05	223	223	97.3	-	-	-	-	73
4.10	217	217	96.4	-	-	-	-	72
4.15	212	212	95.5	-	-	-	-	70
4.20	207	207	94.6	-	-	-	-	69
4.25	201	201	93.8	-	-	-	-	68
4.30	197	197	92.8	-	-	-	-	66

4.35	192	192	91.9	-	-	-	-	64
4.40	187	187	90.7	-	-	-	-	63
4.45	183	183	90.0	-	-	-	-	62
4.50	179	179	89.0	-	-	-	-	62
4.55	174	174	87.8	-	-	-	-	60
4.60	170	170	86.8	-	-	-	-	59
4.65	167	167	86.0	-	-	-	-	58
4.70	163	163	85.0	-	-	-	-	57
4.80	156	156	82.9	-	-	-	-	56
4.90	149	149	80.8	-	-	-	-	51
5.00	143	143	78.7	-	-	-	-	50
4.10	137	137	76.4	-	-	-	-	47
5.20	131	131	74.0	-	-	-	-	46
5.30	126	126	72.0	-	-	-	-	44
5.40	121	121	69.0	-	-	-	-	42
5.50	116	116	67.6	-	-	-	-	41
5.60	111	111	65.7	-	-	-	-	39

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

Después de haber analizado paso a paso las diferentes etapas del procedimiento seguido en el Horno de Cubilote para la obtención del Hierro Nodular, podemos resumirlo en un pequeño diagrama, el cual nos llevará a obtener un Hierro Nodular de muy buena calidad:

1. Compra de Materiales:

- a) Certificado del vendedor
- b) Inspección Visual
- c) Análisis químico

2. Fusión:

- a) Metal Base Adecuado
- b) Indicaciones de Chill
- c) Control de Temperatura

3. Nodulización:

- a) Aleación nodulizante
- b) Control de Temperatura

- c) Chill
- d) Estructura del Grafito
- e) Análisis Químico
- f) Pruebas Mecánicas

4. Post-Inoculación y Tiempo de Intervalo

5. Producto Final:

- a) Análisis Químico
- b) Pruebas Mecánicas
- c) Estructura del Grafito y de Matriz

Siguiendo este esquema sin importar el método empleado para la obtención-- del Hierro Nodular, nos llevará conseguir nuestro objetivo que es el de - dar un mejor servicio a la industria.

En realidad el método utilizado va a depender de ventajas y desventajas de tipo económico y facilidad o dificultad para la fabricación del equipo que requiera cada método en particular.

BIBLIOGRAFIA

1. GAZAL PROCESS MEEHANITE METAL CORPORATION, 1967.
Paper 931 Páginas 3-62

2. CUPOLA OPERATION MEEHANITE METAL CORPORATION,
Paper 690 Páginas 265-270

3. HORNO DE CUBILOTE Y SU OPERACION AMERICAN FOUNDRY SOCIETY
Páginas 531-562

4. MICROSTRUCTURE OF DUCTIL IRON, AMERICAN FOUNDRYMENS SOCIETY
Páginas 1-15

5. QUALITY CONTROL MANUAL THE QUALITY ASSURANCE COMITTEE OF DUCTIL IRON
SOCIETY

6. CONTROL OF DUCTIL IRON THROUGH MICOEXAMINATION QUALITY CONTROL, COMMITTEE
812-E) DUCTIL IRON DIVISION AMERICAN FOUNDRYMENS SOCIETY.
Páginas 2-6

7. MUESTREO DE FERROALEACIONES PARA LA DETERMINACION DE SU COMPOSICION QUI-
MICA. COMITE CONSULTIVO NACIONAL DE NORMALIZACION DE LA INDUSTRIA SIDER-
URGICA. B - 169-168

8. NORMA OFICIAL DE METODOS DE PRUEBA MECANICAS PARA PRODUCTOS DE ACERO.-
DIRECCION GENERAL DE NORMAS. DEPARTAMENTO DE NORMALIZACION, SECCION --
MECANICA. DGN-B- 172 1970 inciso 4.1 y 43.

9. NORMA OFICIAL DE METODOS DE ANALISIS QUIMICOS, DIRECCION GENERAL DE --
NORMAS. DEPARTAMENTO DE NORMALIZACION.







IMPRESO EN MEXICO—PRINTED IN MEXICO
INDUSTRIAL DE ARTES GRAFICAS S.A.
SAN BORJA No. 1003 COL DEL VALLE TEL 559-73-53



FACULTAD DE C

[Faint, illegible text]

[Faint, illegible text]