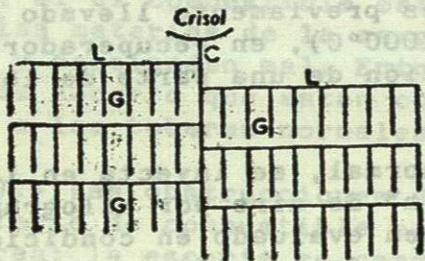


3.- Se le cuela en lingotes, bloques de arrabio de 15 a 50 kg. destinados a sufrir una segunda fusión. Este arrabio se cuela en arena o en coquilla. En el primer caso, el suelo de la nave de colada situado delante del horno alto está recubierto de una capa de arena seca; se traza en él un canal central que parte del agujero de colada que alimenta sucesivamente los canales laterales éstos están unidos, por medio de canales estrechos que permiten una rotura fácil; después de la solidificación, a cavidades dispuestas como las púas de un peine, donde el arrabio solidifica en lingotes.



COLADA Y UTILIZACION DE LA ESCORIA.- La escoria se cuela con más frecuencia que el arrabio. Si no se utiliza en el mismo lugar, se transporta al escorial, sea en cuchara donde permanece líquida, sea en vagones basculantes donde solidifica. Pero este procedimiento crea un estorbo considerable en las proximidades del horno alto, y actualmente las escorias son generalmente empleadas para diversos usos de los que el más importante es la fabricación de materiales de construcción.

A veces, se mezcla la escoria con cemento -- Portland en proporciones variables, o se utiliza en vez de arcilla en la fabricación de este mismo cemento.

Lana de escorias.- Esta sustancia, que tiene el aspecto de la lana, se obtiene soplando vapor ó aire comprimido sobre una capa delgada de escoria líquida. Es un excelente aislante térmico y acústico que tiene la ventaja de ser incombustible.

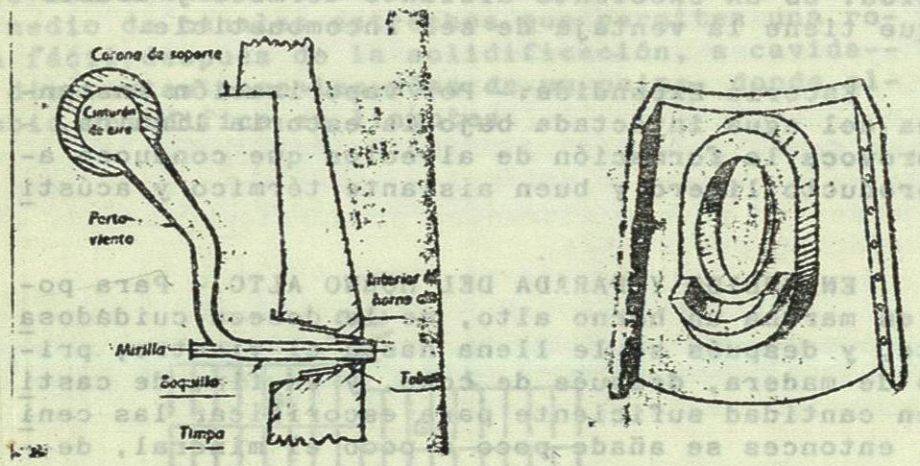
Escoria Expandida.- Por vaporización instantánea del agua inyectada bajo la escoria líquida, se provoca la formación de alveolos que conducen a un producto ligero y buen aislante térmico y acústico.

ENCENDIDO Y PARADA DEL HORNO ALTO.- Para poner en marcha un horno alto, se le deseca cuidadosamente, y después se le llena hasta el vientre, primero de madera, después de coke, y en fin, de castiñas en cantidad suficiente para escorificar las cenizas, entonces se añade poco a poco el mineral, de forma que la composición de las cargas en el tragan te sea normal. Entonces se enciende por abajo y no se colocan las toberas hasta un día después. Se sopla el aire progresivamente, y el aparato está en marcha.

Se puede parar el horno alto durante varios meses sin tener necesidad de apagarlo. Se prepara la parada suprimiendo el mineral en la carga; después de estas cargas blancas, se vuelven a cargar progresivamente el mineral; cuando las cargas blancas alcanzan las toberas, se cesa de soplar aire, se vacía el crisol, se cierran todas las aberturas del aparato y sobre las cargas superiores, se ponen chapas que se recubren de arcilla húmeda. Para volver al funcionamiento normal, hasta restablecer el tiro.

Para apagar el horno alto, basta no introducir nada después de las cargas blancas.

CONDUCTOS DE VIENTO.- El viento es conducido al horno alto por la canalización área revestida interiormente de una capa de ladrillos refractarios de 30 a 45 cm. de espesor el conducto de aire de 50 a 75 cm de diámetro interior termina alrededor del horno alto por el cinturón de viento, canalización en forma de herradura de sección decreciente situada al nivel de la parte superior de los etalajes.



Ramificaciones laterales o portavientos conducen al aire caliente a las toberas cuyo diámetro interior es de 20 cm. aproximadamente. Una mirilla permite seguir la caída de los materiales dentro del horno. Las toberas (generalmente de cobre) son refrigeradas por circulación de agua, que llega a la parte baja por un tubo buzo y sale por arriba. Además de las toberas principales (10 a 20) situadas en la parte alta de la obra, se disponen encima en medio de los etalajes, toberas de socorro, utilizadas en el caso en que el descenso de las cargas se haga mal.

ORIFICIOS DE COLADA.- El orificio de colada del arrabio dispuesto al nivel del suelo del crisol se obtura con un tapón de arcilla.

Los orificios de colada de la escoria están situados de 0.50 a 1 m. por debajo de las toberas

de aire; se obturan con un tapón de arcilla y están protegidos por una tobera; generalmente hay dos ó tres siendo una de reserva.

CAPTACION Y UTILIZACION DE LOS GASES.- El gas sale por dos aberturas laterales y pasa a dos conductos muy inclinados que se juntan para formar un solo conducto inclinado 45° hacia abajo que conduce el gas a las botellas de polvo. Los conductores de gas, cuyo diámetro exterior es del orden de 1.6m, son de chapa revestida interiormente de ladrillos refractarios. Cerca del horno alto, la pendiente es tan rápida como sea posible para evitar los depósitos de polvo que podrían provocar sobre presiones peligrosas. Por la misma razón, los conductos entre las botellas de polvo y el depurador están en línea quebrada.

El volúmen de gases es del orden de 4000m³/t de coke; depurado y seco, este gas tiene un poder calorífico medio de 950Kcal/m³.

El horno alto consume aproximadamente el 32% de este gas para sus propios servicios; el 25% sirve para el calentamiento del aire el 7% es transformado, mediante máquinas de vapor o motores de combustión interna, en energía eléctrica que alimenta las máquinas soplantes y los dispositivos de mantención.

El resto del gas es utilizado en la producción de energía eléctrica o en el calentamiento de los hornos (puro o mezclado con gas de los hornos de coke).

DEPURACION DE LOS GASES.- Los gases del tragante contienen un promedio de 5% de agua y 15 g (5 a 60) de polvo por métro cúbico. Es necesario secarlos y desempolvarlos antes de utilizarlos. El contenido máximo tolerado para la alimentación de los motores es de 0,02 g/m³, se puede consentir un contenido mayor para otros usos, pero no tiene interés, porque la limpieza del gas permite evitar depósitos de polvo en los aparatos de utilización o

en las canalizaciones de transporte.

La depuración se hace en dos tiempos:

1.- depuración primaria.- La bajada de gas que llega del tragante termina en una o dos botellas de polvo; el depósito de los polvos es provocado, por la disminución de velocidad acompañada de un cambio de dirección. El gas atraviesa seguidamente un ciclón.

El contenido en polvo de gas desciende a 4 g/m^3 .

2.- DEPURACION SECUNDARIA.- Se puede hacer en tres maneras diferentes, una de ellas es la:

Depuración Húmeda, Comprende dos aparatos sucesivos, un aparato de lavado y un desintegrador.

El aparato de lavado es una torre cilíndrica ($h=20\text{m}$, $d=5$), donde el gas es enfriado y lavado por una lluvia de agua. El contenido en polvo desciende a 1 g/m^3 .

En el desintegrador, el agua y el gas son batidos por medio de paletas que giran a gran velocidad, y la separación del polvo se realiza por centrifugación.

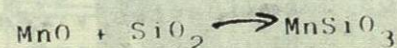
El desintegrador Dingler, consiste en una carcasa fija que contiene en cada lado un compartimiento de aspiración y en el centro un compartimiento de impulsión, cada compartimiento de aspiración está dividido en varias células cilíndricas coaxiales, constituidas por chapas finamente perforadas o por tubos de llegada de agua. El rotor gira en esta carcasa; la parte central lleva álabes que sirven para aspirar el gas a través del aparato; las partes laterales están formadas de varias filas de varrotes gracias al efecto de batido producido por la gran velocidad, el agua de lavado introducida bajo presión es pulverizada tan finamente (desintegrada) y mezclada tan íntimamente con el gas que las partículas de polvo son apresadas por el agua y pre-

cipitadas sobre la pared por inercia. El caudal horario es de $50,000 \text{ m}^3$ aproximadamente.

AFINO A FUEGO.- En este tipo de afino la eliminación de las impurezas se logran mediante una oxidación selectiva. Las impurezas pueden ser eliminadas del metal fundido, bien por la aplicación de aire o por el empleo de agentes oxidantes que posteriormente pasan a formar parte de la escoria. Si el metal es volátil puede recuperarse por destilación.

Volviendo a la fabricación del acero, las impurezas que contiene el arrabio obtenido en el horno alto, son principalmente carbono, manganeso, azufre, silicio y fósforo. Para la eliminación de estas impurezas pueden utilizarse diversos procedimientos; convertidor bessemer, horno básico al oxígeno, horno martin-siemens y horno eléctrico de arco. En cada uno de estos sistemas el horno puede tener un revestimiento ácido (silíceo) ó básico (de magnesia o dolomita).

El convertidor bessemer está constituido por una cuba de acero de forma de pera revestida interiormente con un material refractario. El arrabio líquido procedente del horno alto se carga en el convertidor, al cual previamente se le ha hecho bascular hasta alcanzar la posición horizontal. El aire utilizado para la oxidación a una presión de 2.1 Kg/cm^2 , se introduce por uno de los muñones huecos de la caja de viento, de donde pasa a través de las toberas a la carga. El oxígeno del aire oxida en primer lugar al hierro, el cual a su vez oxida al silicio y al manganeso, que se combinan entre sí para formar la escoria de acuerdo con las reacciones siguientes:

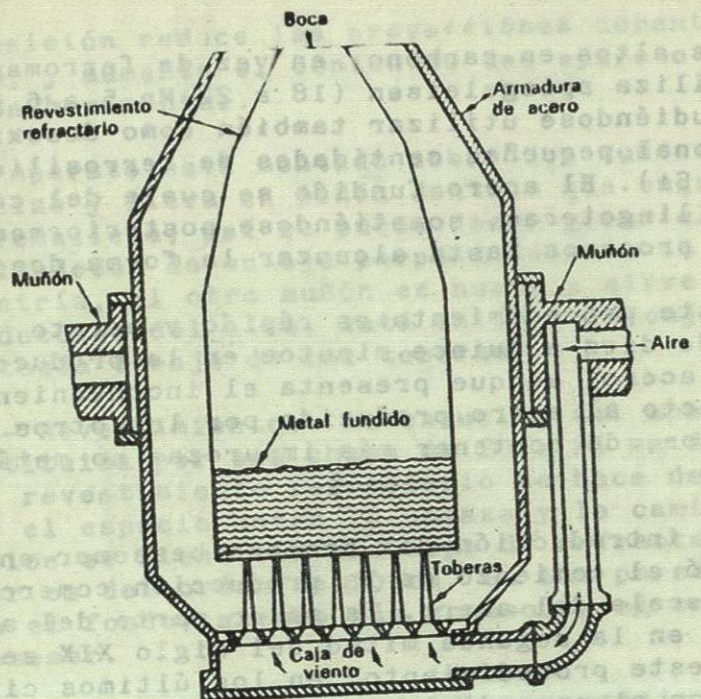


Una vez oxidados el silicio y el manganeso el oxígeno se combina con el carbono, para formar monóxido de carbono, el cual se quema en la boca del convertidor.

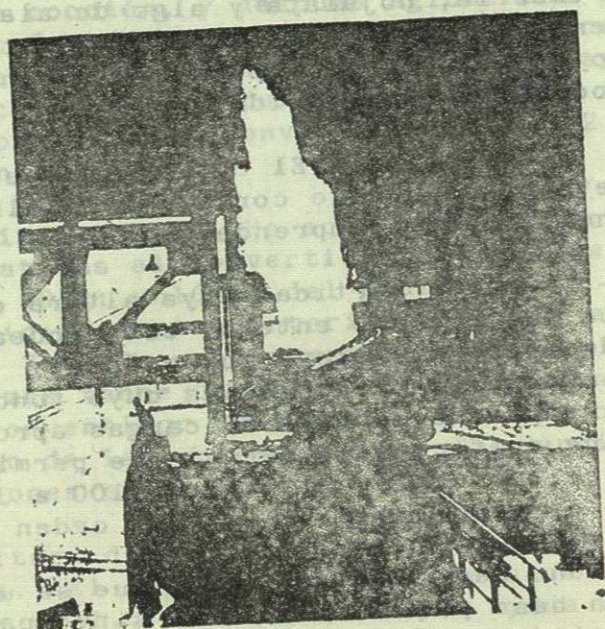
El tipo de escoria producida depende del carácter del revestimiento refractario. Así, un revestimiento ácido (silice) no ejerce ninguna acción sobre el fósforo y el azufre, los cuales pueden eliminarse solamente mediante una escoria básica. Por tanto, en el proceso bessemer ácido, el cual se emplea exclusivamente en los Estados Unidos, el arrabio debe de ser bajo en fósforo y en azufre. En los convertidores ácidos el calor que se desprende proviene principalmente de la oxidación del silicio, y el arrabio utilizado debe contener de 1 a 2% de silicio, no solo para que actúe como "combustible" sino para que se forme una escoria adecuada.

El progreso de la oxidación se juzga por el aspecto que tiene la llama que sale por la boca del convertidor. A los pocos minutos de iniciado el soplado se han eliminado el silicio y el manganeso y comienza a oxidarse el carbono, lo que se pone de manifiesto por el color rojo-amarillento de la llama que sale por la boca del convertidor. Esta se transforma rápidamente en una llama blanca de 7.5 m de altura. Al poco rato la llama empieza a acortarse y a ser menos luminosa, lo que es señal de que prácticamente el carbono se ha quemado por completo. En este momento se corta el soplado de aire e inclinando el convertidor se cuela el hierro, afinado en un caldero de colada.

Como todo el carbono que originalmente, contenía el arrabio se ha eliminado, se hacen al caldero las adiciones necesarias para desoxidar y recarburar el hierro afinado de modo que se obtenga un acero determinado. Con este fin se adiciona normalmente ferromanganeso, el cual contiene aproximadamente 80% de manganeso de 5 a 7% de carbono y de 0.5 a 1% de silicio. El manganeso y el silicio constituyen unos buenos desoxidantes y reducen el óxido de hierro que hubiera presente. Para la obtención



CORTE ESQUEMATICO DE UN HORNO BESSEMER



1020124114

HORNO BESSEMER EN OPERACION

de aceros altos en carbono, en vez de ferromanganeso se utiliza spiegeleisen (18 a 22 Mn 5 a 6 C, -- 1 Si). Pudiéndose utilizar también como desoxidante adicionales pequeñas cantidades de ferrosilicio (47 a 52 Si). El acero fundido se cuela del caldero a las lingoteras, sometiéndose posteriormente a diversos procesos hasta alcanzar la forma deseada.

Este procedimiento es rápido y barato, tratándose de diez a quince minutos en la producción de Tn de acero, aunque presenta el inconveniente con respecto al acero producido por los otros procedimientos, de contener más impurezas no metálicas.

La introducción del proceso bessemer en 1864 marcó el comienzo de la producción comercial en gran escala del acero. La mayor parte del acero producido en la segunda mitad del siglo XIX se obtuvo por este procedimiento, en los últimos cincuenta años el procedimiento Martin ha reemplazado el proceso bessemer como mayor productor de acero quedando limitado este último a la fabricación de acero para tubería, hojalata y algo de alambre principalmente. El reciente descubrimiento del proceso básico al oxígeno ha supuesto el abandono total del proceso bessemer ácido.

1.- Descripción.- El convertidor es una especie de retorta de cuello corto, móvil alrededor de un eje horizontal; comprende:

a).- Una cuba vertical cuya altura es un tercio de la del aparato entero; está rodeada de un anillo de acero que lleva los muñones;

b).- Una base troncocónica cuyo fondo móvil fácilmente reemplazable (dura 60 cargas aproximadamente), tiene orificios (toberas) que permiten el paso del aire; un fondo contiene de 100 a 300 toberas, siendo el diámetro de éstas del orden del centímetro;

c).- Una parte troncocónica que se une a la cuba, y cuya base pequeña, o pico, sirve para la entrada y salida de las materias. El eje de esta parte está inclinado con relación al de la cuba;

esta disposición reduce las proyecciones durante el soplado, y aumenta el contenido del aparato en su posición horizontal.

El aparato está montado sobre dos muñones; uno es macizo y lleva un piñón dentado que engrana con una cremallera; así se puede hacer girar el aparato alrededor de un eje perpendicular a su plano de simetría, el otro muñón es hueco y sirve para la conducción del aire; está unido a la caja de viento situada debajo de las toberas.

2.- Revestimiento.- La envuelta del aparato está constituida por una chapa de 20 a 25 mm de espesor. El revestimiento refractario se hace de ladrillos y el espacio entre la coraza y la camisa de ladrillos se llena con una capa de refractario; su espesor es del orden de 50 cm. en las paredes y de 1 m en el fondo, siendo más grueso en el convertidor bessemer.

Para el procedimiento ácido, se utiliza arena aglomerada con un poco de arcilla. El revestimiento básico es a base de colomita descompuesta en óxidos por cocción, y después aglomerada con el 10% de alquitrán; este revestimiento se cuece en posición. Debe ser completamente rehecho después de unas 300 coladas y la duración de marcha sin gran interrupción de un convertidor es de 12 días aproximadamente.

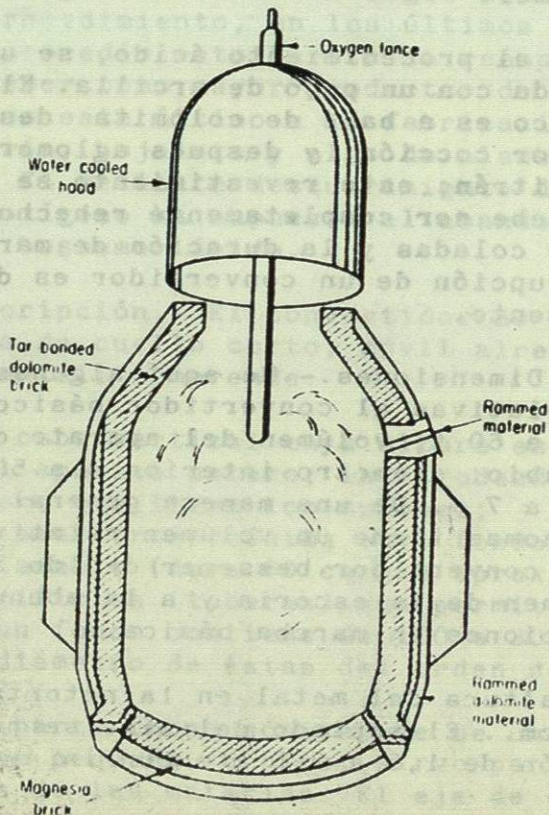
3.- Dimensiones.- He aquí algunas características relativas al convertidor básico; carga de arrabio 30 a 60 t; volumen del aparato diez veces el del arrabio; diámetro interior 4 a 5 m; altura interior 5 a 7 m. De una manera general. El convertidor Thomas tiene un volumen relativamente mayor que el convertidor bessemer debido al considerable volumen de la escoria y a la abundancia de las proyecciones en marcha básica.

La altura del metal en la retorta es del orden de 40 cm.. El soplado del aire se hace con una sobrepresión de 1,5 a 2,5 atm con la ayuda de má-

quinas soplantes análogas a las utilizadas para los hornos altos, aproximadamente se soplan 320 de aire por tonelada de arrabio.

4.- Utilización.- Normalmente un taller comprende 4 convertidores, de los que dos están en servicio, uno rehaciendo el revestimiento y otro volviéndose a montar.

El horno utilizado para la fabricación del acero por el proceso básico al oxígeno, es análogo al convertidor bessemer básico, diferenciándose de éste último en que no tiene toberas, caja de viento ni fondo rebatible. El revestimiento refractario básico tiene un espesor de aproximadamente 1 m y está formado por una capa interior de ladrillos-magnesita, otra intermedia de dolomita apisonada y una tercera de trabajo formada por ladrillos de dolomita alquitranada. El horno está proyectado para producir unas 180 tn de acero por hora.



La carga se compone de mineral de hierro, chatarra de acero y arrabio líquido, junto con una pequeña cantidad de caliza como fundente. Durante el soplado se suelen adicionar normalmente otros materiales fundentes como cal y espato flour. Una vez cargado el horno y en posición de trabajo se introduce hasta una distancia de la superficie del baño, inferior a 1.5 m. una lanza vertical refrigerada por agua a través de la cual se envía a la superficie del baño un chorro de oxígeno de gran pureza a una presión de 7 a 10.5 Kg/cm². La temperatura en la superficie del baño alcanza un valor de unos 2,200°C. Las reacciones que se verifican son las mismas que en el proceso bessemer, con la diferencia de que, debido a las temperaturas tan elevadas que se alcanzan, la oxidación es más rápida. A consecuencia del óxido de carbono que se forma, se produce en todo el baño una violenta ebullición. Como el revestimiento es básico, la mayor parte del fósforo y del azufre pasará a la escoria. Un acortamiento claramente visible de la longitud de la llama que sale por la boca del horno, indica el final del proceso. La lanza se retira; el horno se bascula para desescoriar el baño, se endereza nuevamente y, a continuación, se cuela el hierro afinado en un caldero. Al caldero, se le hacen las adiciones normales para obtener el acero de la composición deseada. La calidad del acero producido por este procedimiento es igual o superior a la del acero obtenido en el horno Martin.

Descripción.- Es un convertidor de fondo lleno, derivado del convertidor Thomas. el revestimiento está realizado en ladrillos de dolomita sin terizada aglomerada con alquitrán, salvo en el fondo que está apisonado. Esta parte se taladra cuando se va a rehacer revestimiento, lo que se realiza después de 500 operaciones aproximadamente y así se obtiene un enfriamiento rápido. El espesor máximo es de 1 metro.

El oxígeno es insuflado bajo una presión del orden de 10 psia por medio de una lanza refrigerada por agua, colocada en el eje del crisol y cuya extremidad dista de 30 a 100 cm de la superfi

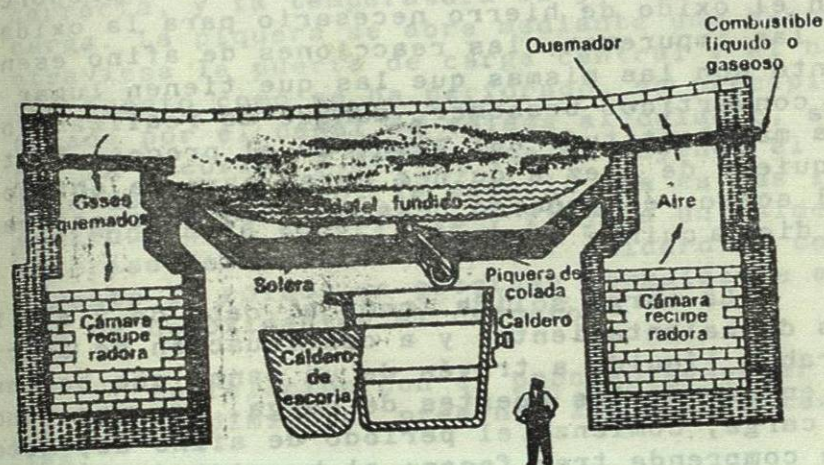
cie del baño. Se calcula un promedio de 60 m^3 de oxígeno por tonelada de acero.

La lanza, de 15 m de longitud, está formada por tres tubos concéntricos (diámetro exterior 25-cm); el tubo interior sirve para el paso del oxígeno, y los otros dos permiten la circulación del agua cuyo caudal es de $140 \text{ m}^3/\text{h}$. En la punta tiene una boquilla de soplado de cobre con tres agujeros dispuestos a 120° unos con relación a los otros, e inclinados 15° sobre la vertical.

Todos los procedimientos de afino al oxígeno necesitan el desempolvado de los humos. Los humos contienen aproximadamente 10 Kg de polvos (hierro y óxidos) por tonelada de arrabio, son capturados a la salida del convertidor por medio de una campana que da paso a la lanza y que tiene un canalón de alimentación para las adiciones; lo más frecuente es tratar de captar la menor cantidad posible de aire a fin de evitar la combustión de los gases cuya composición es aproximadamente de $90\% \text{ CO} + \text{CO}_2$. Los humos son en seguida enfriados en un circuito tipo caldera de vapor, después por pulverización de agua, y por fin desempolvados en una torre de lavado. Se puede completar el desempolvado pasándolos por un filtro electrostático por un aparato de sacos filtrantes.

El procedimiento Martin/Siemens, también conocido por procedimiento Martin a secas, tuvo un desarrollo más lento que el bessemer y hasta después de 1908 no consiguió convertirse en el principal procedimiento de producción de acero. Según sea el tipo del revestimiento refractario, el proceso Martin puede ser ácido o básico, pero de los dos el más utilizado con gran diferencia es el segundo.

En la figura siguiente se muestra la sección recta de un horno Martin Siemens, el cual se basa por su funcionamiento en el principio de la recuperación del calor del combustible, el aire de combustión se precalienta antes de mezclarse con el



gas en una cámaras recuperadoras que contienen una serie de conductos hechos con ladrillos refractarios. Mientras el aire de combustión se precalienta al atravesar una de las cámaras, los gases calientes de la combustión atraviesan otra cámara, exactamente igual a la primera, cediendo su calor a los ladrillos. Cada veinte minutos aproximadamente se invierte la dirección del flujo. Este sistema permite obtener un rendimiento térmico mayor y mantener en el horno una temperatura más constante.

Al efectuar la carga del horno Martin básico, lo primero que se coloca es una pequeña capa