

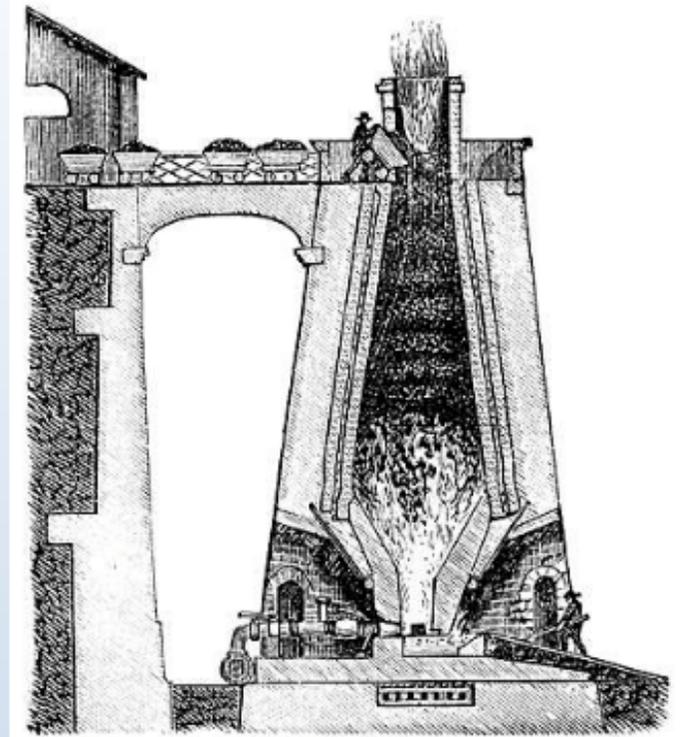


Producción del Hierro y el Acero

Alto horno

Luego de la edad del bronce, el siguiente cambio lo observamos entre 1000 y 1500 años a.C. cuando comienza la edad del hierro. Para fundir hierro se necesita una temperatura de 1535°C . Hay una aleación que forma el hierro con alrededor de 4% de carbono, y que se la conoce como arrabio. Pero aún el arrabio necesita 1130°C para fundir.

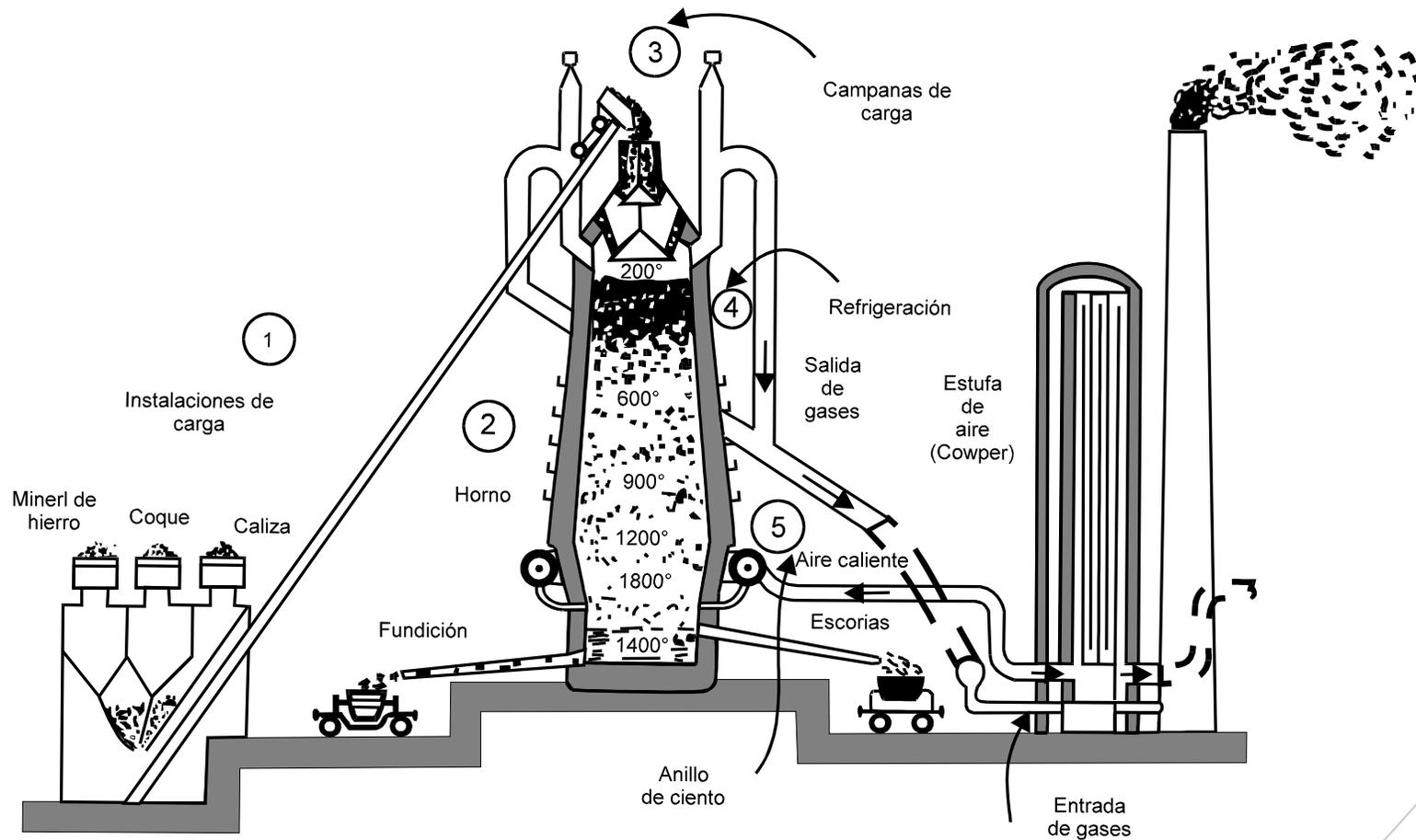
Por esto el hierro fundido no se llegó a conocer en Europa hasta el siglo XIV d.C., y esto fue gracias a que se construyen grandes hornos, con importante inyección de aire. El horno de la figura se alimenta por arriba con mineral de hierro, carbón y fundentes, y por debajo se extrae el arrabio fundido.



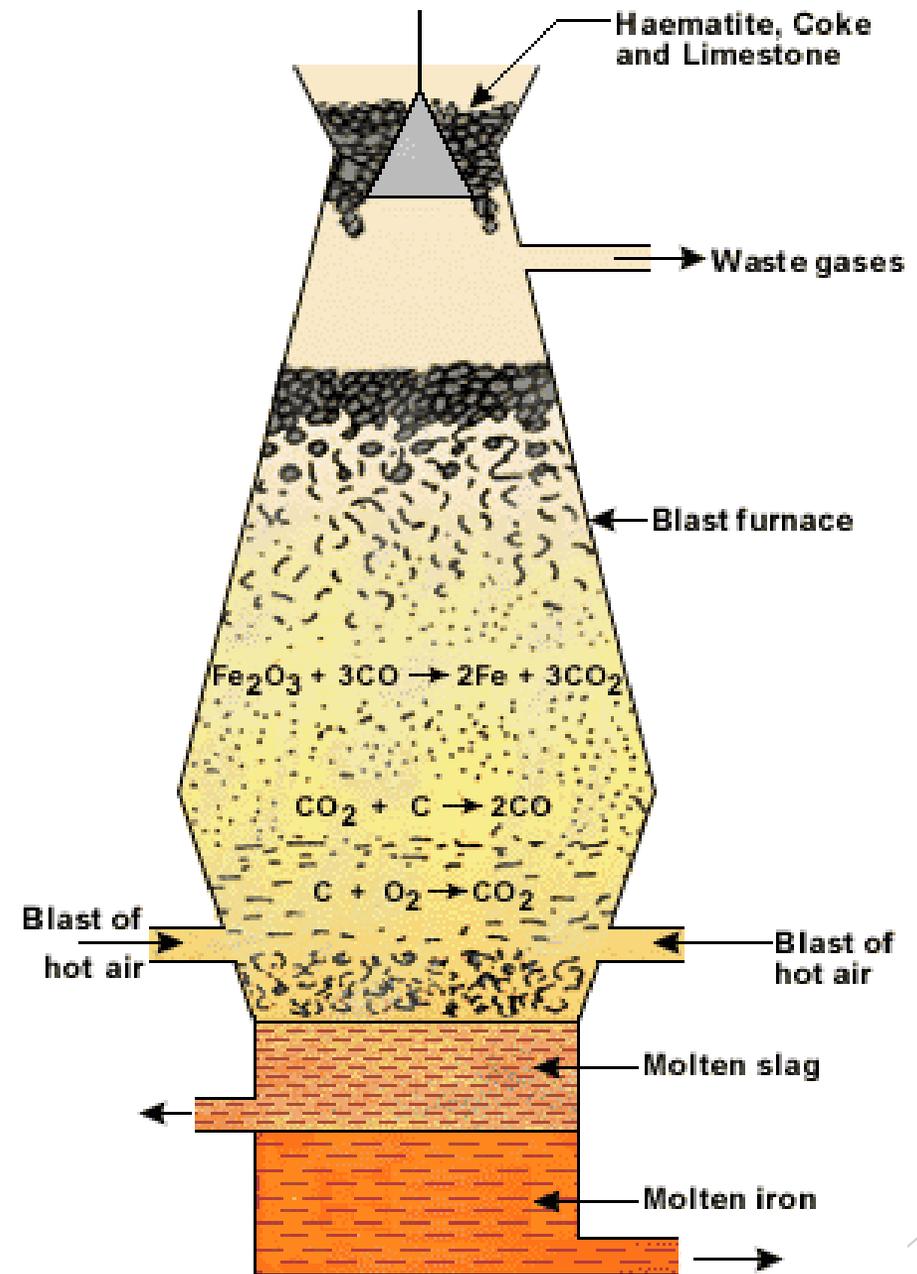
Antiguo horno para producir arrabio fundido, posterior al siglo XIV d.C.

Instalación de un alto horno.

Alto horno



Alto horno



Ejemplo A.H.

Un alto horno se alimenta con una mezcla de minerales compuesta por 70% de Magnetita y 30% de Hematita Roja, cuyo contenido en ganga es de 5 y 8% respectivamente. El consumo de coque es de 560 kg por tonelada de Arrabio producida y presenta una composición de 90% de Carbono, 6% volátiles y el resto de cenizas.

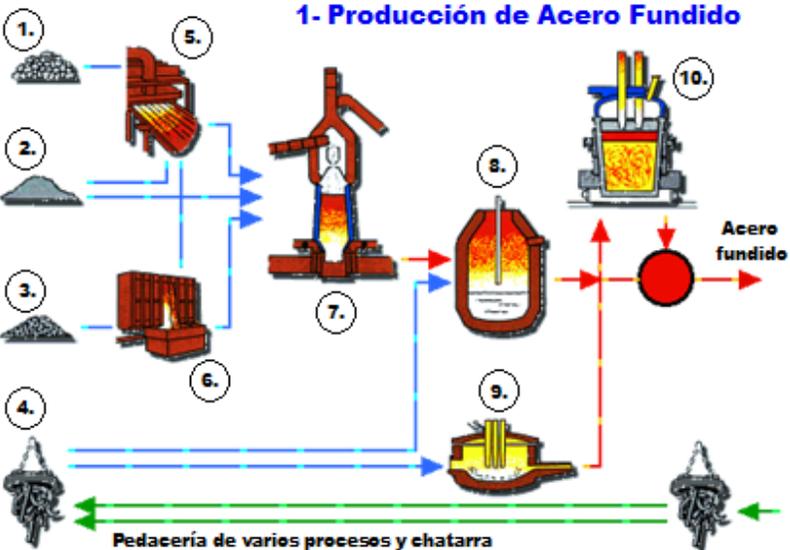
El arrabio que se produce tiene la siguiente composición química: 3% de C, 1% de Mn, 2% de Si, 2% de P y 1% de S.

Además, se requiere de 1.2 Kg de Caliza por cada Kg de impurezas en el mineral y 1 Kg por cada Kg de impurezas en el coque.

Determine la cantidad de materias primas requeridas para asegurar la producción continua durante un mes (30 días), si el alto horno genera 2500 toneladas de Arrabio al día.

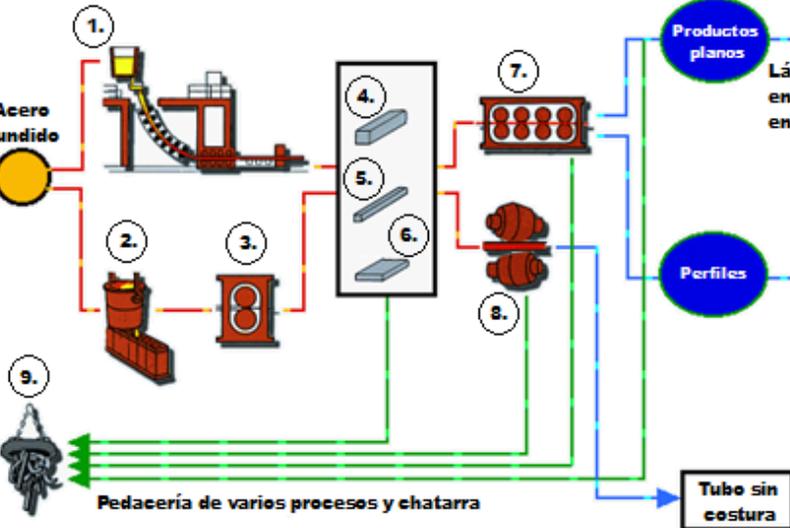
Determine además, la cantidad de productos generados.

1- Producción de Acero Fundido



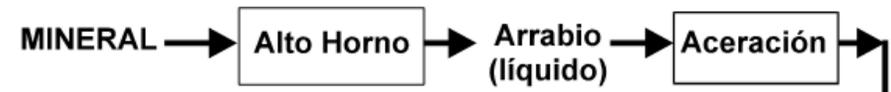
1. Caliza (Limestone)
2. Mineral de hierro (Iron ore)
3. Carbón (Coal)
4. Reciclado de acero - chatarra (Recycled steel-scrap)
5. Planta de sinterizado - sinterizado (Sinter plant - sinter)
6. Hornos de coquización - coque (Coke ovens - coke)
7. Alto horno - acero fundido (Blast furnace - molten iron)
8. Soplador de aire (Basic oxygen vessel)
9. Horno de arco eléctrico (Electric arc furnace)
10. Metalurgia secundaria (Secondary steelmaking)

2- Fundición de Acero y Laminado en Caliente

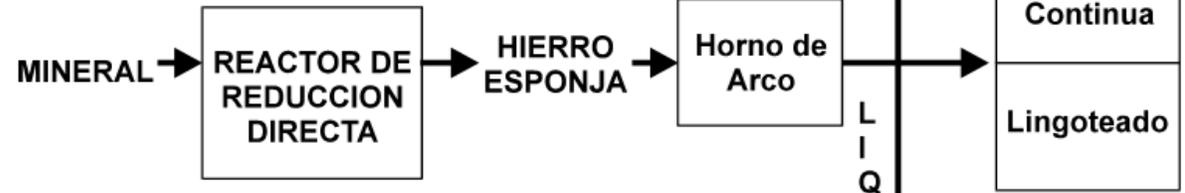


1. Colada continua (Continuous casting)
2. Lingoteras - lingotes (Ingot moulds - ingots)
3. Laminador primario (Primary mill)
4. Lupias (Blooms)
5. Planchas (Billets)
6. Tochos (Slabs)
7. Laminador en caliente (Hot rolling mills)
8. Laminadores para tubo (Tube mills)
9. Reciclado de acero - chatarra

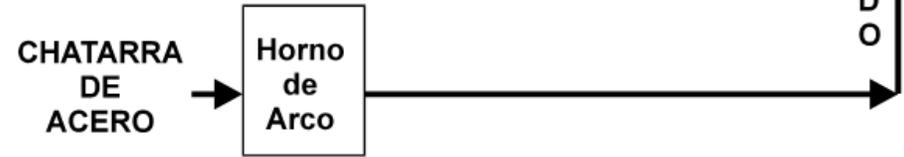
PROCESO DE ALTO HORNO



PROCESO DE REDUCCION DIRECTA



PROCESO SEMINTEGRADO



ACERO
LIQUIDO

Aceración



Actualmente en el mundo solo 2 procesos de aceración son lo que producen la totalidad del acero que es alrededor de 1.2 billones de toneladas.

- Estos procesos son el BOF (LD) u oxiconvertidor al oxígeno,
- Y el EAF o Horno Eléctrico de Arco.

Hornos Bessemer

El proceso Bessemer fue el primer proceso industrial barato para la fabricación en serie de acero de un metal en lingotes fundido.

Es un horno en forma de pera que está forrado con refractario de línea ácida o básica. El convertidor se carga con chatarra fría y se le vacía arrabio derretido, posteriormente se le inyecta aire a alta presión con lo que se eleva la temperatura por arriba del punto de fusión del hierro, haciendo que este hierva. Con lo anterior las impurezas son eliminadas y se obtiene acero de alta calidad. Este horno ha sido substituido por el BOF.



HORNO BOF (Horno Básico de Oxígeno)

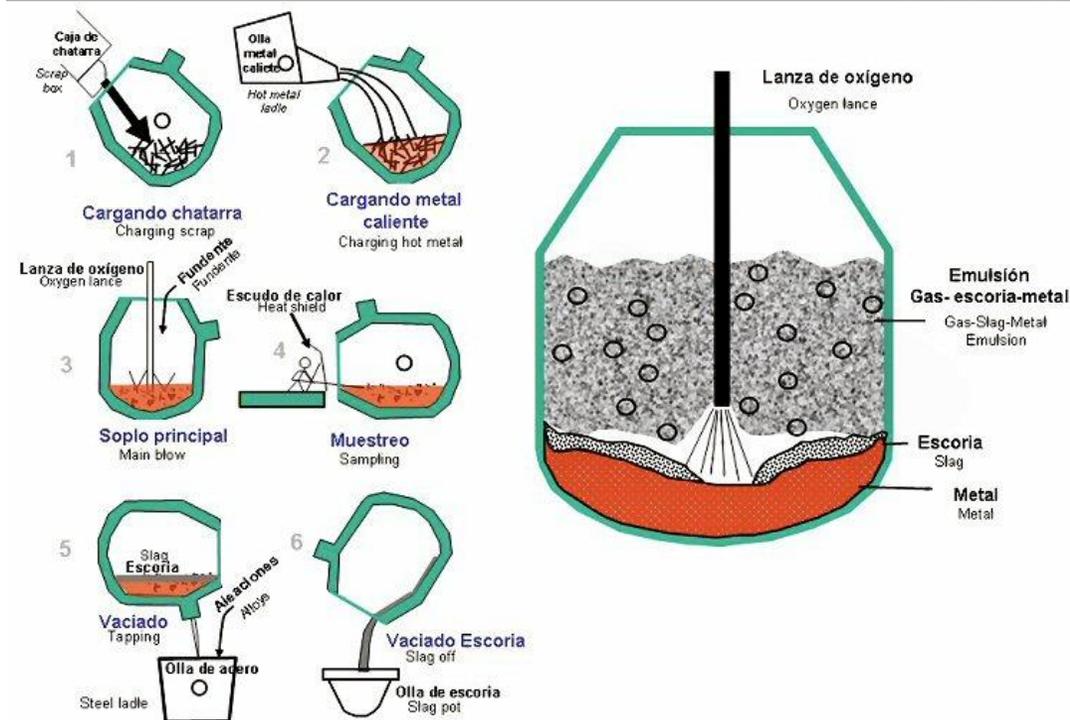
El nombre del horno se debe a que tiene un recubrimiento de refractario de la línea básica y a la inyección del oxígeno.

Este horno fue inventado por Sir Henry Bessemer a mediados de 1800. El Proceso BOF se originó en Austria en 1952, fue hecho para convertir arrabio con bajo contenido de fósforo (0.3%) se bautizó con las iniciales LD Lanza de Linz, hoy se utilizan para contenidos de hasta 2% de P.

Mediante un chorro de oxígeno con polvo de piedra caliza el arrabio es convertido en acero en un BOF, El oxígeno reacciona con el carbono del arrabio y lo elimina en forma de bióxido (o monóxido) de carbono. La caliza sirve para eliminar impurezas, entre las que destaca el fósforo.

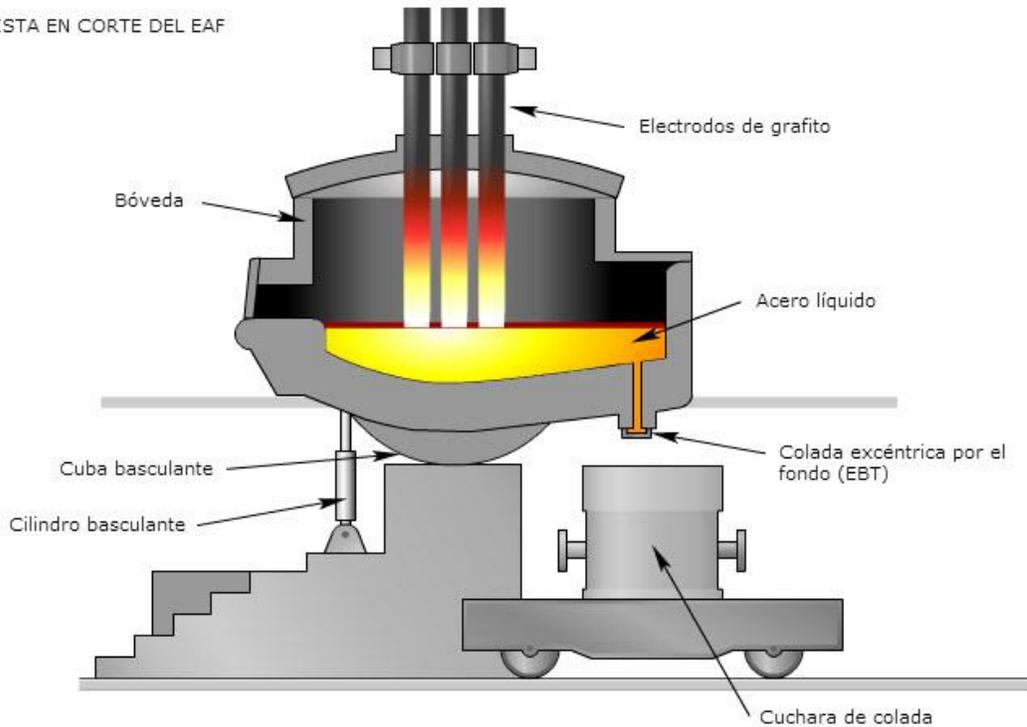
Flujo de Proceso del BOF

Process flow of BOF



Horno de Arco Eléctrico

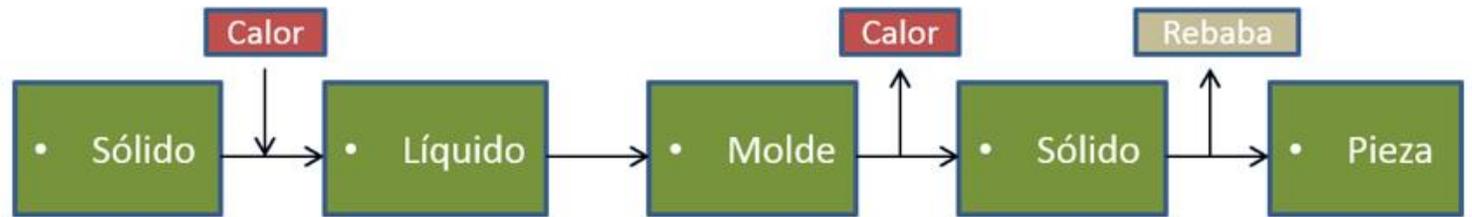
VISTA EN CORTE DEL EAF



- Por lo regular son hornos que sólo se cargan con chatarra de acero de alta calidad. Son utilizados para la fusión de aceros para herramientas, de alta calidad, de resistencia a la temperatura o inoxidable.
- Considerando que estos hornos son para la producción de aceros de alta calidad siempre están recubiertos con ladrillos de la línea básica.
- Existen hornos de arco eléctrico que pueden contener hasta 270 toneladas de material fundido.
- Los hornos de arco eléctrico funcionan con tres electrodos de grafito los que pueden llegar a tener 760mm de diámetro y longitud de hasta 12m. La mayoría de los hornos operan a 40v y la corriente eléctrica es de 12,000 A.
- Estos equipos son los más utilizados en industrias de tamaño mediano y pequeño, en donde la producción del acero es para un fin determinado, como varilla corrugada, aleaciones especiales, etc.

PRINCIPIO FUNDAMENTAL DEL PROCESO DE FUNDICIÓN

Fundición y Colada



Fundición y Colada

Ventajas de la producción de piezas fundidas

- Producción de partes de geometría compleja.
- Algunos procesos no se requiere de operaciones subsecuentes.
- Amplio rango de dimensiones.
- Reciclaje de rebabas, mazarotas y venas de alimentación.

Desventajas de la producción de piezas fundidas

- Porosidad (gases o contracción interna)
- Fragilidad intrínseca a la microestructura
- El proceso de fundición está limitado a metales y aleaciones con temperatura de fusión menores a los 2000°C (normalmente menor de 1500°C).

Análisis del proceso de vaciado

Velocidad del metal fundido en la base del bebedero de colada (ecuación de Torricelli):

v = Velocidad del metal líquido en la base del bebedero [m/s]

g = aceleración gravitatoria [m/s²]

h = Altura del bebedero [m]

$$v = \sqrt{2gh}$$

\dot{V} = Velocidad de flujo volumétrico [m³/s]

v = Velocidad [m/s]

A = Área de la sección transversal del líquido [m²]

$$\dot{V} = v_1 A_1 = v_2 A_2$$

** Un incremento en el área produce una disminución en la velocidad y viceversa

Tiempo requerido para llenar una cavidad de volumen

t = Tiempo de llenado del molde [s]

V = Volumen de la cavidad del molde [m³]

\dot{V} = Flujo volumétrico [m³/s]

$$t = \frac{V}{\dot{V}}$$

** Un incremento en el área produce una disminución en la velocidad y viceversa

Tiempo de solidificación **regla de Chvorinov**

$$t_s = C_m \left(\frac{V}{A} \right)^n$$

t_s = Tiempo de solidificación total [min]

V = Volumen de fundición [m³]

A = Área superficial de la fundición [m²]

n = Exponente que toma usualmente el valor de 2

C_m = Constante del molde

Ejemplo

Un molde tiene una colada de 6[in]. El área de la sección transversal en la base de la colada o bebedero es de 0.5[in²]. El canal conduce al material a una cavidad que forma la mazarota y la pieza con un volumen de 75[in³]. Determine:

- El tiempo de llenado de la pieza (MFT).
- Diseñe la mazarota, si la pieza es en forma de placa, de longitud de 6[in] x 5[in] de ancho y 1.5 [in] de espesor y la mazarota deberá tener una altura 1.5 veces el diámetro y deberá solidificar en un tiempo 30% más del de la pieza.

Ejemplo

Una fundición de aluminio tiene forma cilíndrica con 10[cm] de diámetro y pesa 60[N]. Ésta fundición tarda 4[min] en solidificar completamente.

Otra fundición cilíndrica del mismo aluminio, con la misma relación diámetro/altura, pesa 32[N] y solidifica en 2[min] bajo las mismas condiciones de vaciado y molde. Determine:

- La constante del molde (C_m).
- El exponente (n) en la regla de Chorinov.

Considere para lo anterior que la densidad del aluminio es de 2.7 (g/cm³)