



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

2

MATERIAS PRIMAS USADAS EN SIDERURGIA

M O N O G R A F I A

Que para obtener el título de:

INGENIERO QUIMICO METALURGICO

P r e s e n t a n

RODERICO EZRRE PORCHAS

ROSA MARIA TINAJERO GARCIA



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.

DO ASIGNADO ORIGINALMENTE SEGUN EL TEMA.

TESIS 1978
AS 11. 11. 78
DE 150.143
FECHA
PRC
S



Si el camino que conduce hacia arriba parece muy difícil, puede no obstante ser hallado. Mas todas las cosas nobles son tan difíciles como raras.

Rosi

Quiero expresar mi gratitud y cariño a mis padres Josefa y Miguel Angel por su apoyo y esfuerzo, a mis hermanos, muy especialmente a Roberto - con gran admiración y respeto, por su ejemplo y valentía en la lucha.

No sería completo mi agradecimiento si no mencionara aquí a mi tía María Porchas y al Profesor Guillermo Barraza por su gran calidad humana.

A todas aquellas personas que contribuyeron en la realización de este trabajo, especialmente - al Ingeniero José Campos Caudillo y al Ingeniero - Alejandro Espriú Manrique. Por su ayuda desinteresada.

A mis compañeros y amigos.

I N D I C E

	Pág.
I.- INTRODUCCION	1
II.- DESCRIPCION DE LAS MATERIAS PRIMAS USA- DAS EN SIDERURGIA	2
2.1.- AGLUTINANTES	2
2.1.0. Generalidades	2
2.1.1. Resinas.	3
2.1.2. Catalizadores.	6
2.1.3. Aceites Autosecantes.	7
2.1.4. Cereales.	9
2.1.5. Harina de madera.	10
2.1.6. Silicón.	10
2.1.7. Bentonita..	11
2.1.8. Carbón Marino.	12
2.1.9. Harinas Sílicas.	13
2.1.10. Silicato de Sodio.	13
2.2.- ARENAS.	15
2.2.0. Generalidades.	15
2.2.1. Arenas de Sílice.	16
2.2.1.1. Arena Sílica 30-40 AFS.	16
2.2.1.2. Arena Sílica 50-60 y 60-70.	17
2.2.1.3. Arena Sílica 70-80 y 90-100.	17
2.2.2. Arenas de Cromita.	18
2.2.3. Arenas de Zirconio.	19
2.3.- ARRABIO	21
2.3.1. Clasificación.	23
2.3.1.1. Arrabio para Aceración Acido.	23
2.3.1.2. Arrabio para Aceración Básico.	23
2.3.2. Arrabio para fundición.	24

	Pág.
2.3.2.1. Alto Fósforo.	25
2.3.2.2. Arrabio para Moldeo.	25
2.3.2.3. Arrabio de bajo fósforo.	26
2.4.- CARBURIZANTES	27
2.4.0. Generalidades.	27
2.4.1. Carbón Mineral.	30
2.4.1.1. Antracita.	30
2.4.1.2. Carbón Bituminoso.	31
2.4.1.3. Lignita.	32
2.4.1.4. Turba.	33
2.4.2. Coque.	33
2.4.3. Carburo de Silicio.	34
2.4.4. Grafito.	34
2.4.5. Carbón Vegetal.	35
2.5.- CHATARRA.	36
2.5.0. Generalidades.	36
2.5.1. Paca Prensada.	39
2.5.2. Paca Desestañada.	39
2.5.3. Chatarra a, b, c, d.	40
2.5.4. Chatarra de Hierro Colado.	40
2.5.5. Otros Materiales no incluidos en esta norma.	41
2.5.6. Elementos Residuales.	42
2.5.7. Impurezas.	42
2.6.- DESOXIDANTES.	44
2.6.0. Generalidades.	44
2.6.1. Aluminio.	46
2.6.2. Aluminio-Manganeso.	46
2.6.3. Boro.	46
2.6.4. Calcio-silicio.	47
2.6.5. Carbón.	48

	Pág.
2.6.6. Manganeso.	48
2.6.7. Silicio.	49
2.6.8. Silicio-manganeso.	50
2.6.9. Desoxidantes complejos.	50
2.6.10. Otros elementos desoxidantes.	51
2.7.- DESULFURANTES.	52
2.7.0. Generalidades.	52
2.7.1. Caliza.	54
2.7.2. Carbonato de sodio.	55
2.7.3. Carburo de calcio.	58
2.7.4. Magnesio-coque.	59
2.8.- ESCORIADORES.	61
2.8.0. Generalidades.	61
2.8.1. Criolita.	61
2.8.2. Fluoruro de sodio.	61
2.8.3. Mezclas comerciales.	62
2.9.1. EXOTERMICOS.	63
2.9.1.0. Generalidades.	63
2.9.1.1. Aluminio.	65
2.9.2. INOCULANTES.	68
2.9.2.0. Generalidades.	68
2.9.2.1. Calcio.	71
2.9.2.2. Silicio.	71
2.9.2.3. Grafito.	72
2.9.2.4. Inoculantes Perfeccionados.	72
2.10.- FERROALEACIONES.	74
2.10.0. Generalidades.	64

	Pág.
2.10.1. Calcio-Silicio.	76
2.10.1.2. Calcio-silicio-manganeso.	76
2.10.2. Ferroboro.	76
2.10.3. Ferrocarbo.	77
2.10.4. Ferrocromo.	78
2.10.5. Ferrocolumbio.	79
2.10.6. Ferrofósforo.	80
2.10.7. Ferromanganeso.	81
2.10.8. Ferromolibdeno.	83
2.10.9. Ferroníquel.	83
2.10.10. Ferrosilicio.	84
2.10.10.2. Ferrosilicio Estabilizado.	86
2.10.11. Ferrotitanio.	86
2.10.12. Ferrotungsteno.	87
2.10.13. Ferrovanadio.	88
2.10.14. Fundición Especular (SPIEGELEI SEN).	89
2.10.15. Níquel electrolítico.	89
2.10.16. Silicomanganeso.	90
2.10.17. Trióxido de Molibdeno.	91
2.10.18. Otras ferroaleaciones menos co munes usadas en la Industria - Siderúrgica.	91
2.10.18.1. Ferrosilicio-zirconio.	91
2.10.18.2. Ferrozirconio.	91
2.10.18.3. Ferroníquel-magnesio.	92
 2.11.- FUNDENTES.	 93
2.11.0. Generalidades.	93
2.11.1. Aluminio.	94
2.11.2. Cal.	94
2.11.3. Espato Flúor.	95
2.11.4. Piedra caliza.	95

	Pág.
2.12.- PINTURAS REFRACTARIAS.	97
2.12.0. Generalidades.	97
2.12.1. Pinturas Refractarias de Grafito.	99
2.12.2. Pinturas Refractarias de Sílice.	99
2.12.3. Pinturas Refractarias de Zirconio.	100
2.13.- REFRACTARIOS.	102
2.13.0. Generalidades.	102
2.13.1. Arcilla.	104
2.13.2. Sílice.	104
2.13.3. Alta Alúmina.	106
2.13.4.1. Refractarios de Magnesita.	108
2.13.4.2. Cromo-Magnesita.	108
2.13.4.3. Magnesita-Cromo.	108
2.13.4.4. Refractarios de Dolomita.	108
2.13.5. Aislantes.	109
2.13.6. Mortero.	110
2.13.6.1. Morteros Refractarios de <u>endu</u> recimiento en caliente.	111
2.13.6.2. Morteros Refractarios de <u>endu</u> recimiento al aire.	111
2.13.7. Cemento Refractario.	112
2.13.7.1. Cemento de arcilla refractaria.	113
2.13.7.2. Mezclas de colada.	113
2.13.7.3. Cementos Especiales.	113
III.- CONCLUSIONES.	115
IV.- BIBLIOGRAFIA.	117

I. INTRODUCCION

Nuestra primera intención al escoger este tema de tesis es más que nada reunir información de las principales materias primas que se utilizan en la Industria Siderúrgica del país, dado que no existe un compendio de estas materias; de algunas se ha escrito mucho y de otras no se ha escrito gran cosa, pues son el resultado de experiencias de las fundiciones o de investigaciones de las compañías que fabrican este tipo de materiales y es difícil obtener información que no sea publicidad comercial que no proporciona ciertos conocimientos básicos sobre tales materiales.

Nuestro propósito encierra un plan muy ambicioso, ya que de cada material es posible escribir un libro, si se pone un verdadero interés y se profundiza debidamente. Mencionaremos aquí los aspectos más importantes y básicos de cada material y describiremos brevemente su naturaleza, qué propiedades tienen y cuáles son los usos más conocidos.

Uno de nuestros mayores deseos es que este trabajo tenga una utilidad práctica y sea un medio de encontrar datos, definiciones, especificaciones, etc., que muy frecuentemente es necesario conocer.

II. DESCRIPCION DE LAS MATERIAS PRIMAS USADAS EN SIDERURGIA

2.1. AGLUTINANTES.

2.1.0. Generalidades. El principio básico de los aglutinantes es el de consolidar masas de arena para producir corazones o moldes. Su tecnología involucra herramienta y maquinaria especializadas, así como activadores o aceleradores con los que se obtienen aglutinantes con diferentes características y propiedades.

Los aglutinantes pueden ser orgánicos o inorgánicos; los orgánicos son: las resinas, los cereales y los aceites, los inorgánicos son las arcillas, bentonitas y los silicatos, de los cuales el más comúnmente usado es el de sodio.

Las características de endurecimiento se pueden acelerar por medio de calor o de la acción catalítica. Al estar endurecidos nunca podrán convertirse a su estado original. La eficiencia de los aglutinantes mejora si se tiene una buena dispersión de los diferentes ingredientes; algunos son sensibles a la temperatura ambiente, no obstante, todos los aglutinantes al mezclarse con otros componentes, catalizadores o aceleradores preparados en una mezcla de arena lista para usarse, tienen una vida de uso corta y se deben usar dentro de límites de tiempo específicos. Las propiedades físicas de la masa de arena aglutinada se ven afectadas negativamente conforme la mezcla envejece; siendo por lo tanto muy importante establecer la vida de

uso aceptable de la mezcla utilizada.

La arena puede influir fácilmente en el resultado del aglutinante, ya que forma la mayor parte del total; por lo tanto, debemos considerar el contenido de arcilla y el pH o demanda de ácido. La absorción de resina por la arcilla, reduce las propiedades de resistencia y en la mayoría de los casos su alcalinidad reduce la velocidad de curado de las resinas. El rango de pH deseado es de 6.8 a 7.2.

Las propiedades físicas máximas que se pueden desarrollar serán función de:

- a) Contenido total de aglutinante.
- b) Características del aglutinante.
- c) Espesor de la película de aglutinante sobre las partículas de arena.

2.1.1. Resinas. Las resinas son un importante grupo de sustancias obtenidas como goma de arboles o manufacturadas sintéticamente, como resinas fenólicas. Las resinas naturales son solubles en la mayor parte de los solventes orgánicos y se usan en barnices, adhesivos y varios compuestos. Algunas de las resinas naturales más comunes son: la colofonia, el damar, el mástico o almáciga, la sandaraca, la laca y el animi. Las resinas fósiles, como el ámbar y el copal son resinas naturales de arboles antiguos que se han sido químicamente alterados por una larga exposición. Las resinas sintéticas difieren químicamente de las resinas naturales y pocas de éstas tienen propiedades químicas que -

las hagan adecuadas para piezas mecánicas.

Las resinas introducidas como aglutinantes, han asumido un papel muy importante en la producción de vaciados de metal. La nueva tecnología necesita resultados más precisos, por lo que se ha introducido el uso de éstas, que aceleran el endurecimiento y aseguran un resultado rápido y limpio.

Los aglutinantes resinosos difieren considerablemente en la cantidad de carbón que se forma al descomponerse en presencia del metal fundido. Todos los tipos fenólicos y furánicos son capaces de producir aproximadamente el 50% de su peso de sólidos como carbón. En los aglutinantes fenólicos y furánicos modificados, la cantidad de carbón formada será proporcional a su contenido de fenol o alcohol furfurílico. El carbón formado actúa como una ligadura de alta temperatura para los granos de arena y permanece en posición hasta que haya oxígeno disponible, posteriormente se elimina como CO o CO₂. Las resinas fenólicas son aglutinantes termestables completamente dependientes del calor para su fraguado y totalmente independientes de la oxidación o evaporación.

El uso de la resina dependerá también del método para el moldeo en arena que se utilice. Estos métodos pueden ser:

1. Métodos para moldeo en cáscara (Shell Molding).
1. Recubrimiento en caliente. Requiere una resina en forma de escamas o lentejas y arena caliente.

2. Recubrimiento en frío. Requiere una solución de resina de secado a temperatura atmosférica y que produzca arena seca de flujo libre por la sola evaporación del solvente.

11. Proceso de Caja Caliente (Hot Box).

Este proceso es una modificación del proceso de cáscara, la diferencia estriba en que se usa una mezcla húmeda en lugar de una mezcla seca de flujo libre, produciendo un corazón sólido y no hueco. La velocidad de producción es mayor con este método.

Resina Fenólica. Esta resina se utiliza para moldeado en cáscara en proceso de recubrimiento de arena en caliente, es una resina termoplástica formada por la reacción de fenol con formaldehído que se mezcla con un catalizador (hexametiléntetraamina, más estearato de calcio) en una relación 13 a 18% en peso con la resina.

Propiedades Físicas.

Punto de fusión:	96°C
Resistencia a la tensión en frío:	180 - 250 psi
Resistencia a la tensión en caliente:	180 - 225 psi

Las pruebas de tensión se hacen de 1 a 3 minutos, -
pues debe variar con el tiempo.

Resina Furánica. Es una resina de urea-formaldehí-
do, termoajustada, modificada con alcohol furfurí-
lico, requiere la adición de un catalizador gene-
ralmente de tipo ácido, se utiliza para veloci-
dades de curado rápidas y cuando se necesita una re-
sina de amplia estabilidad.

Como catalizador se utiliza o bien ácido fosfóri-
co, en concentraciones de 75 a 85% o bien parato-
luén sulfónico. El agua empleada para diluir el -
ácido tiene sólo un efecto retardante en la reac-
ción.

Propiedades Físicas.

Viscosidad. (a 25 C):	6.0
Gravedad Específica:	1.27
pH:	7.5

2.1.2. Catalizadores. Existe la posibilidad de -
agregar varios materiales a la fórmula de la mez-
cla para obtener algunos efectos específicos; es-
tos materiales pueden ser aceleradores de la reac-
ción de la resina y por lo tanto de su efecto. La
conversión del estado líquido al sólido, se debe -
completamente a la acción catalítica de un ácido -
sobre la resina a temperatura ambiente.

Algunas consideraciones determinarán la cantidad -
de catalizador requerido, diferentes tipos de are-

na requieren diferentes niveles de catalizador para asegurar el tiempo y el terminado de desmoldeo. Cuando el porcentaje de catalizador se incrementa, la vida de uso de la arena se reduce y se acorta el tiempo de desmoldeo. La relación entre la vida de trabajo y el porcentaje de catalizador se basa en el peso de la resina y no es una función de línea recta.

A veces la acción catalítica es instantánea y causa la inmediata solidificación del aglutinante; la reacción es exotérmica y violenta. La cantidad de catalizador se basa, además, en la cantidad de resina líquida usada, la conveniente adición de catalizador dará por consecuencia los mejores resultados en el recubrimiento de la pieza.

Generalmente para las resinas fenólicas se utiliza hexametilentetramina, éste es un compuesto cristalino seco de formaldehído y amoníaco. A este catalizador se agrega, además un separador que sirve para que no se pegue, este separador es estearato de calcio.

2.1.3. Aceites Autosecantes. Es otro aglutinante orgánico que por sí sólo seca después de preparada la mezcla, estos aceites han sustituido parcialmente a las arcillas en las mezclas de arenas para obtener cierto grado de dureza y permeabilidad. Se utiliza en los centros o corazones de los moldes. En ocasiones se mezclan con dextrinas para obtener buenos resultados.

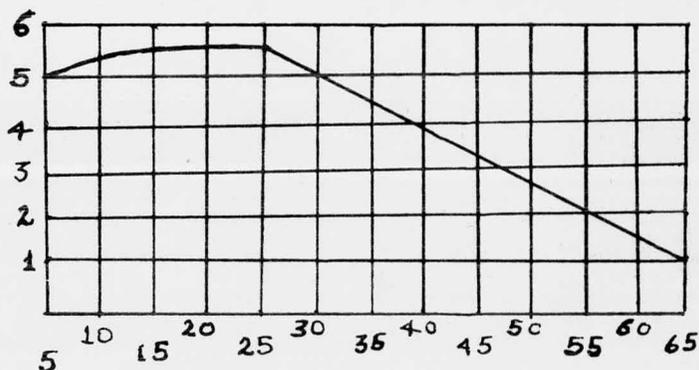
Propiedades Físicas.

Vida de la mezcla: Ensayo tipo con arena AFS-60 X 100

Ensayos: Ensayos realizados a las 24 hrs. después de preparada la mezcla.

Tiempo máximo de utilización: 30 minutos, entendiendo - por tal, el punto de inflexión de la curva de cizallas. Ejemplo:

Cizalla Kg/cm^2 a las 24 hrs.



Minutos después de hecha la mezcla y apretadas las probetas.

Termoplasticidad: Probetas de flexión a 220°C , durante 2 horas, no deben presentar flechas o de formación superior a 1 mm. (sin carga).

- Ensayos mecánicos:
- a) Mezcla: Arena AFS 60, 2%-
aceite autosecante.
 - b) Estufado: 2 Horas a 220°
C.

2.1.4. Cereales. Otro tipo de aglutinantes orgánicos son los cereales de maíz, trigo, avena, centeno y arroz, su uso se basa en el hecho de que provocan deformación, dureza superficial del molde, - dan resistencia en seco al mismo, aunque a menudo se usa para eliminar la deficiencia de otros aglutinantes. En la actualidad son el mogul y la dextrina, ambos derivados del maíz y de la papa, los más conocidos en la industria. La harina cereal mogul es harina de maíz que se utiliza como aglutinante seco, mezclándose con la arena para corazones, arenas aceitosas en la fundición del hierro gris, hierro maleable y en la fundición del acero.

Propiedades Físicas.

Tipos de arena:	AFS	60 - 70
Porcentaje de agua:		2 - 4 %
Pérdidas por calcinación:		5 %
Características Mínimas:	Verde	Seco
Permeabilidad:	140	190
Compresión:	500	7000
Indice de finura:	200	AFS.

2.1.5. Harina de Madera.- Es otro aglutinante orgánico, es un polvo fino, color crema claro que tiene alguna semejanza con la harina de trigo; proveniente de maderas blandas de color claro que no contengan aceites.

Propiedades Físicas.

Peso específico:	1.25
Temperatura de Ignición:	315°C
Análisis Granulométrico:	200 AFS

2.1.6. Silicón. Es el material orgánico dimetilpolisiloxano que se utiliza como aglutinante y como separador en Shell Molding. Se emplea en forma de emulsiones óleas en sistemas acuosos.

Propiedades Físicas.

Gravedad Específica Aparente:	0.99
Viscosidad del contenido de aceite:	1 500

Altamente resistente a la degradación. Estable por largos períodos de tiempo.

AGLUTINANTES INORGANICOS.

Arcilla.

Bentonita.

Carbón Marino.

Harinas de Sílice.

Oxido de Hierro.

Silicatos.

2.1.7. Bentonita. Este tipo de aglutinante se utiliza en la preparación de arenas de moldeo en verde y en gran parte del moldeo en seco. Actualmente se conocen dos tipos de bentonita: la cálcica y la sódica, las propiedades de la bentonita se basan en el tipo de material del cual provienen, estos materiales son principalmente la montmorrillonita, la caolinita y la illitonita. Para las bentonitas que se usan en fundición se requiere que contengan de 85% a 95% de montmorrillonita.

Bentonita sódica. Es la arcillaplástica que contiene gran cantidad de iones sodio; tiene propiedades como, expansión en el agua y untuosidad al tacto.

Propiedades Físicas.

Punto de Sinterización:	1 150°C
Hinchabilidad:	10 - 30 cm ³
Suspensibilidad:	13 min.
Volumen de absorción:	4 500 cm ³
Viscosidad relativa:	1.53

Al contacto con el agua se expande y permanece en suspensión.

Análisis Químico:

óxido de aluminio	Al ₂ O ₃	17.74 %
óxido de sílice	SiO ₂	61.69 %
Humedad:		5 %
Pérdidas por calcinación:		5 %
pH:		9 - 10
Índice de finura:		200 AFS

Características Míminas:	Verde	Seco
Permeabilidad:	130	180
Compresión g/cm ²	800	9 000
Cizalla g/cm ² :	200	2 500

2.1.8. Carbón Marino. Es el elemento alotrópico color gris oscuro o negro que se encuentra en la naturaleza y es probablemente producto de la oxidación de materia orgánica, sometida después a una presión muy fuerte. Se puede decir que el carbón marino es el polvo o deshecho que desprenden los diferentes tipos de carbón, vegetal o mineral que son almacenados para usos industriales, esta es, de hecho la definición de carbón marino que se usa industrialmente. Se utiliza como aglutinante por su gran capacidad como desgasificador, pues tiene en su composición de 35 a 40% de materia volátil, obteniéndose por ésto grandes ventajas al usarlo en los moldes de fundición. Se mezcla en la arena para los moldes en una proporción de 1 al 4%, dependiendo de la calidad de la arena.

Propiedades Físicas.

Peso específico:	1.88
Infusionable. Sublima a:	3 500°C

Análisis Químico.

Materia Volátil:	23.8 %
Cenizas:	17.7 %
Carbón Fijo:	58.5 %
Humedad:	1.43 %
Solubilidad:	Insoluble en los solventes actuales

Propiedades Mecánicas Mínimas.

Compresión:	13.2	Kg/mm ²
Cizalla:	10.4	Kg/mm ²
Flexión:	24	Kg/mm

2.1.9. Harinas Sílicas. Es el material en forma de granos de SiO₂ en tamaños de menos de 0.1 mm de diámetro con una cantidad mínima de impurezas. Se utiliza como aglutinante en el proceso de moldeo mezclada con otros aglutinantes.

Composición Química.

óxido de silicio:	SiO ₂	98.5 %
Humedad:		0.3 %

Propiedades Físicas.

Forma del grano:	Angular, subangular, redonda.
Granulometría:	el 95% debe pasar por la malla 200.

2.1.10. Silicato de Sodio. Las composiciones de los silicatos en su forma seca son: Na₂SiO₃, Na₆Si₃O₇ y Na₂Si₃O₇. Con contenidos variables de agua; el primer compuesto mencionado contiene aproximadamente 5% de agua. Se presentan como incoloros, blanco o blanco grisáceo. Son muy poco solubles o casi siempre insolubles en agua fría.

Se utiliza como aglutinante por su alta resistencia a las altas temperaturas, su resistencia a los ácidos y su resistencia a la redilución después del fraguado.

Propiedades Físicas.

Materia Seca:

43 - 45 %

Densidad:

1.50 - 1.54 %

Viscosidad: (centipoise)

2 100

2.2. ARENAS.

2.2.0. Generalidades. La arena se define como, los granos de material mineral cuyo rango en el tamaño de partícula es de aproximadamente 0.05 a 2.00 mm- en el diámetro y esta arena se utiliza en el mol-- deo de piezas coladas.

La mayoría de las arenas de moldeo se componen casi totalmente de sílice (SiO_2), en algunos casos, - de granos de sílice asociados con pequeñas cantidades de feldespatos, micas y otros minerales comu-- nes. También contienen pequeñas cantidades de minerales como ilmenita (FeO-TiO_2), magnetita (Fe_3O_4), zircón (Zr-SiO_4) u olivina (Mg-Si_2); en algunos- casos, huellas como estas pueden influir en el color de la arena.

Origen de Formación. Los depósitos de arena son el producto de cambios en la superficie de la tierra- a través de miles de años, por acción del viento, - del agua, del hielo, la nieve, etc. La arena depo- sitada naturalmente ocurre con un amplio rango de- finura y contenido de arcilla; la calidad de la - arena se determina por el contenido de SiO_2 , forma de grano, índice de finura y su índice granulomé-- trico. Para una buena producción en la industria - de la fundición es necesario manejarla y almacenarla cuidadosamente, ya que es el molde la parte vi- tal dentro del proceso para la manufactura de pie- zas coladas, de aquí que se deba prestar gran atención a todos los detalles que intervienen en la - preparación, control y manejo adecuado de la arena.

Por su forma se clasifica en:

1) Redondo 2) Subangular 3) Angular.

De estos tres, el que mejor características y propiedades posee para la operación de moldeo es el redondo, ya que permite el empacamiento de los granos en una manera uniforme y tiene la ventaja de no fracturarse cuando es sometido a moliendas sucesivas.

Por su composición química las arenas se clasifican en:

- I. Arenas de Sílice.
- II. Arenas de Cromita.
- III. Arenas de Zirconio.

2.2.1. Arenas de Sílice. Es el material en forma de granos de SiO_2 en tamaños de .05 a 2.0 mm de diámetro, con una cantidad mínima de impurezas.

2.2.1.1. Arena Sílica 30-40 AFS. Este tipo de arena se utiliza cuando no se requiere una buena apariencia superficial. Incluimos la arena 40-50.

Granulometría:

Malla	% Retenido Arena 30-40	% Retenido Arena 40-50
10	0	0
20	10	0
30	20	10
40	35	20
50	20	35
70	10	20
100	5	10
140	0	5

2.2.1.2. Arena Sílica 50-60 y 60-70. Este tipo de arena se utiliza cuando tiene cierta importancia - la apariencia superficial.

Granulometría:

Malla	% Retenido Arena 50-60	% Retenido Arena 60-70
10	0	0
20	0	0
30	10	1
40	10	10
50	20	15
70	35	35
100	20	-
140	10	20
200	5	15
270	0	5

2.2.1.3. Arena Sílica 70-80 y 90-100. Este tipo de arena se utiliza cuando es necesaria una excelente apariencia superficial.

Granulometría:

Malla	% Retenido Arena 70-80	% Retenido Arena 90-100
10	0	0
20	0	0
30	0	0
40	1	1
50	10	10
70	15	15
80	35	-
100	20	35
140	15	20
200	5	15
270	0	5

Para todos los tipos de arena sílica las especificaciones son las mismas, excepto la granulometría.

Composición Química:

Oxido de Silicio	SiO_2	94.00 %
Oxido de Calcio	O	0.05 %
Alcalis		0.20 %
Arcilla		0.30 %

Propiedades Físicas:

Forma de grano:	Redondo, angular y subangular.
Humedad:	3 - 4 %
Punto de fusión:	C.

Las pruebas mínimas de aceptación que se realizan a este material son: Granulometría.

Contenido de arcilla.

Humedad.

Inspección visual para la forma de grano.

2.2.2. Arenas de Cromita. Es el material en forma de granos de SiO_2 asociado con CrO_3 (cromita) en tamaño de 0.05 a 2.0 mm de diámetro.

Composición Química.

Anhídrido Crómico:	Cr_2O_3	45.0 %
Pérdidas por calcinación		0.1 %
Forma de grano:	Redondo, angular.	
Punto de fusión:		1 800 C
Índice de finura:		80 \pm 5

Granulometría:

Malla	% Retenido
35	0.8 - 3.3
45	3.4 - 5.0
85	20.0 - 30.0
90	37.0 - 44.0
100	20.0 - 25.0
150	4.0 - 6.0
200	1.5 - 5.0
270	0.2 - 0.5

Las pruebas mínimas de aceptación que se realizan al material son:

Granulometría.

% Arcilla.

Humedad.

Inspección visual.

2.2.3. Arenas de Zirconio. Es el material en forma de grados de SiO_2 , asociado con ZrSiO_4 (zircón) en tamaños de 0.05 a 2.0 mm de diámetro.

Composición Química.

Oxido de Zirconio	ZrO_2	64 % Mín.
Oxido de Titanio	TiO_2	0.2% máx.
óxido de fierro	Fe_2O_3	0.18 % máx.
pérdidas por calcinación:		0.10 % máx.

Propiedades Físicas.

Forma de los granos: Redondo, Subangular.

Humedad: 0.20 %

Punto de Fusión: 1 750°C

Indice de finura: AFS 80 \pm 5

Granulometría:

Malla	% Retenido
85	-
100	95
150	-
270	0.2
-300	0.2

Para la recepción de este material, las pruebas mínimas de aceptación que se realizan son:

Granulometría.

Arcilla.

Humedad.

Inspección Visual.

2.3 ARRABIO.

2.3.0. Generalidades. La metalurgia del hierro con siste principalmente en un proceso para reducir - los óxidos, esta operación se llevaba a cabo en la antigüedad, en la Edad Media en la llamada "forja catalana", a la cual para utilizar mejor el calor se le agregó una cuba, llamándosele por esto en Europa "Alto horno" en contraposición con la forja - misma que se le llamó "bajo horno". Estos hornos - producían de 2 a 3 toneladas al día.

El Alto Horno es quizás, la primera utilización industrial del principio de contra-corriente y trajo como consecuencia, además del ahorro de combusti- - ble, el poder hacer continuo el proceso, ya que - realmente al agregarse la cuba se están sobrepo- - niendo dos procesos. El primero, una reducción de los óxidos a fierro metálico y el segundo, la fu- sión de los metales reducidos. El hierro en forma líquida se reúne así, en un crisol en el fondo del horno y se extrae directamente sin parar el funcio- namiento de éste, al producto así obtenido se le - da el nombre de arrabio. Contrariamente en la for- ja catalana se extrae el producto periódicamente - parando el proceso, obteniéndose un metal pastoso - en estado sólido que será trabajado o forjado di- - rectamente a las formas deseadas.

Los modernos Altos Hornos alcanzan actualmente producciones de más de 10 000 ton/día y disminuyendo - notablemente su consumo de coque, alcanzando, algu - nos hornos, un consumo de 350 Kgs/ton. Aproximada - mente el 50% de todos los artículos de hierro o -

acero que se producen actualmente fueron hechos te
niendo como materia prima principal el arrabio.

2.3.1. Clasificación. El arrabio para la fabricación de acero se clasifica en los tipos y grados siguientes, según la norma DGN-B-232-1968.

2.3.1.1. Arrabio para Aceración Acido. Este arrabio sirve para producir el acero que procede de un horno con recubrimiento ácido, fabricado bajo una escoria preponderantemente ácida.

Composición Química.

C	carbono	3.0 - 5.0 %
Si	silicio	0.8 máx.
P	fósforo	0.65 máx.
Mn	manganeso	0.20 máx.
S	azufre	0.06 máx.

2.3.1.2. Arrabio para Aceración Básico. Este arrabio sirve para producir el acero que procede de un horno con recubrimiento básico y fabricado bajo una escoria preponderantemente básica.

Composición Química.		Grado AA-b1	Grado AA-b2
C	carbono	3.0 - 5.0 %	3.51 - 5.26 %
Si	silicio	0.5 - 1.5 %	0.51 - 1.26 %
P	fósforo	0.5 - 1.0 %	0.65 % máx.
Mn	manganeso	0.5 - 1.0 %	0.20 % máx.
S	azufre	0.06 máx.	0.06 máx.

2.3.2. El arrabio para fundición se clasifica en los grados que se indican en la siguiente tabla, con las siguientes claves:

BFE = Bajo fósforo especial.

BF = Bajo fósforo.

MF = Medio fósforo.

AF = Alto fósforo.

Especificación Química. La composición química de los grados de arrabio para fundición es la siguiente, según la norma DGN-B-7-1968. A.

Grado	Silicio %	Fósforo %	Manganeso %	Azufre %
ARRABIO BAJO FOSFORO ESPECIAL.				
BFE-0	1.51-1.75	0.10 máx.	0.50-0.70	0.050 máx.
BFE-1	1.76-2.00	0.10 máx.	0.50-0.70	0.050 máx.
BFE-2	2.01-2.25	0.10 máx.	0.50-0.70	0.050 máx.
BFE-3	2.26-2.50	0.10 máx.	0.50-0.70	0.050 máx.
BFE-4	2.51-2.75	0.10 máx.	0.50-0.70	0.050 máx.
ARRABIO BAJO FOSFORO.				
BF-0	1.51-1.75	0.15 máx.	0.50-0.70	0.050 máx.
BF-1	1.76-2.00	0.15 máx.	0.50-0.70	0.050 máx.
BF-2	2.01-2.25	0.15 máx.	0.50-0.70	0.050 máx.
BF-3	2.26-2.50	0.15 máx.	0.50-0.70	0.050 máx.
BF-4	2.51-2.75	0.15 máx.	0.50-0.70	0.050 máx.
BF-5	2.01-2.25	0.18 máx.	0.50-1.0	0.050 máx.
BF-6	2.26-2.50	0.18 máx.	0.50-1.0	0.050 máx.
BF-7	2.51-2.75	0.18 máx.	0.50-1.0	0.050 máx.
BF-8	2.76-3.00	0.18 máx.	0.50-1.0	0.050 máx.

Grado	Silicio %	Fósforo %	Manganeso %	Azufre %
ARRABIO MEDIO FOSFORO.				
MF-1	1.76-2.0	0.25 máx.	0.50-0.70	0.050 máx.
MF-2	2.01-2.25	0.25 máx.	0.50-0.70	0.050 máx.
MF-3	2.26-2.50	0.25 máx.	0.50-0.70	0.050 máx.
MF-4	2.51-2.75	0.25 máx.	0.50-0.70	0.050 máx.

ARRABIO ALTO FOSFORO.

AF-1	1.76-2.00	0.35-0.65	0.50-0.70	0.050 máx.
AF-2	2.01-2.25	0.35-0.65	0.50-0.70	0.050 máx.
AF-3	2.26-2.50	0.35-0.65	0.50-0.70	0.050 máx.
AF-4	2.51-2.75	0.35-0.65	0.50-0.70	0.050 máx.
AF-5	2.76-3.00	0.35-0.65	0.50-0.70	0.050 máx.
AF-6	3.01-3.25	0.35-0.65	0.50-0.70	0.050 máx.
AF-7	3.26-3.50	0.35-0.65	0.50-0.70	0.050 máx.

2.3.2.1. Alto Fósforo. Se utiliza normalmente para piezas vaciadas que no vayan a estar sujetas a muy altas temperaturas o a choques térmicos. Su análisis químico es el siguiente; como tiene 14 diferentes grados, por lo que aquí ponemos sus rangos de composición.

Si	Silicio	1.76 - 3.25 %
P	fósforo	0.35 - 1.00 %
Mn	manganeso	0.50 - 1.00 %
S	azufre	0.050 % máx.

2.3.2.2. Arrabio para Moldeo. Como su nombre lo indica, se utiliza para la fabricación de moldes o -

lingo^{ter}as. Su composición química típica es la siguiente:

Si	silicio	1.75 - 2.50 %
P	fósforo	0.11 - 0.15 %
Mn	manganeso	0.35 - 0.65 %
S	azufre	0.050 % máx.

2.3.2.3. Arrabio de bajo fósforo. Se utiliza principalmente para la fabricación de motores para automóviles (monoblock), y piezas que vayan a estar expuestas a altas temperaturas, su composición es la siguiente:

Si	silicio	1.75 - 2.50 %
P	fósforo	0.10 % máx.
Mn	manganeso	0.35 - 0.65 %
S	azufre	0.050 % máx.

2.4. Carburizantes.

2.4.0. Generalidades. Los carburizantes son utilizados en la industria siderúrgica principalmente - como aportadores de carbono, siendo este el mas im - portante de los elementos aleantes en los aceros - y las fundiciones.

El hierro gamma puede disolver hasta 1.8% C a 1130 C decreciendo la solubilidad con la temperatura. - Hasta 0.05 % C puede contener el hierro alfa a - - 715°C.

El carbono rebaja el punto de solidificación del - hierro. Se disuelve en el hierro gamma para formar austenita, decreciendo la solubilidad del carbono - en la austenita con la temperatura, hasta que a - 695°C ocurre un cambio eutectoide que resulta en - la formación de perlita, que es una mezcla de fe - rrita y carburo de hierro (cementita).

El acero al carbono ordinario es una mezcla de hie - rro puro, cementita y otros elementos. Tales ace - rros comerciales están constituidos por una disper - sión de cementita en ferrita. Como un máximo de - 0.05% C es soluble en ferrita a 715°C, el conteni - do de carbono determina la proporción de carburo - de hierro presente en el acero.

El carbono tiene una influencia decisiva en las - propiedades de los aceros, en general aumenta la - dureza y la resistencia a la tracción disminuyendo la ductibilidad, pero su acción está íntimamente - ligada a la estructura. En los aceros comunes se -

encuentra en forma del eutectoide de perlita o sea una mezcla íntima de carburo de hierro (cementita) y de ferrita y su contenido en carbono es constante, de 0.80%.

Así, si un acero es de composición hipoeutectoide o sea inferior a 0.8% C su estructura es de ferrita y perlita, pero si es hipereutectoide o sea con más de 0.8% C, la estructura será de perlita más exceso de cementita libre cuyo contenido en Carbono es de 6.7%.

La ferrita es suave y de resistencia baja, medida a la tracción la resistencia es en números redondos de 35 Kg/mm² con un alargamiento de 41%. La resistencia de la perlita es de aproximadamente 88 - Kg/mm², con alargamiento de 10%. La cementita es muy frágil y su resistencia sólo es de aproximadamente 3.5 Kg/mm², sin alargamiento alguno.

La dureza Brinell de estos constituyentes es de aproximadamente.

Ferrita.-	95
Perlita.-	197
Cementita.-	550

Esto suponiendo acero recocido con estructura estable a la temperatura ambiente.

La resistencia al impacto o resiliencia disminuye con el aumento de carbono sobre todo para contenidos altos.

La dureza aumenta porporcionalmente al contenido - de carbono de acuerdo con el aumento de perlita y - en su caso de cementita libre.

Puede obtenerse una gama extraordinariamente am- - plia de propiedades en los aceros no aleados va- - riando el contenido de carbono y sometiendo los al- - apropiado tratamiento térmico y de ello se saca en efecto fruto para multiples aplicaciones. Para ob- tener propiedades especiales, tales como alta tena- - cidad y resistencia a la fluencia a temperaturas - elevadas, etc., es posible añadir grandes cantida- - des de elementos de aleación sin alterar sustan- - cialmente el tipo de estructura. Los aceros al car- - bono proporcionan además típicas estructuras mi- - croscópicas que pueden ser tomadas como referencia para evaluar por comparación la influencia de los- elementos de aleación.

La fundición o hierro colado es una aleación hie- - rro carbono con contenido usualmente de 2 a 4 % C- - y de 0.25 a 3% Si; junto con cantidades variables - de manganeso, azufre, fósforo y otros elementos. - El contenido de carbono de la fundición es el pri- - mordial factor determinante de la estructura y - - otras propiedades.

2.4.1. Carbón Mineral. El carbón de piedra o carbón mineral es el resultado del cambio gradual que tiene lugar en la historia geológica en los depósitos orgánicos, principalmente vegetales, su forma y su composición dependen del grado a que ha llegado este cambio. Así pasa de formas que todavía retienen la estructura original de la madera (turba, lignita) y por aquellas con menos materia bituminosa o volátil hasta la antracita y aún a clases que se aproximan al grafito.

2.4.1.1. Antracita. Es una variedad del carbón mineral, tiene lustre brillante con frecuencia submetálico, negro fierro y algunas veces iridiscente. Arde con una flama débil de color pálido.

De acuerdo con la norma ASTM-D 338, hacemos la siguiente clasificación:

Composición Química.	Análisis aproximado %.		
	Materia volátil	Carbón fijo	Cenizas
Meta antracita	1.2	90.7	8.1
Antractia	3.4	87.2	9.4
Semiantracita	13.0	74.6	12.4
		valor calorífico BTU/lb (seco)	
Meta antracita		13 682	
antracita		13 810	
Semiantracita		13 580	

	Análisis Final %				
	carbón fijo	hidrógeno	nitrógeno	azufre	oxígeno
Meta antracita	86.8	1.6	0.6	0.9	2.0
antracita	84.2	2.8	0.8	0.6	2.2
semiantracita	78.3	3.6	1.4	2.0	2.3

2.4.1.2. Carbón Bituminoso. Este material también es una variedad del carbón mineral, tiene generalmente lustre grasoso, brillante, textura compacta firme, con frecuencia tienen color negro tirando a moreno, son bastante frágiles comparados con la antracita. Arde en el fuego con una flama amarilla humeante y desprende por destilación aceites de hidrocarburos o alquitrán, de ahí el nombre de bituminoso.

De acuerdo a la norma ASTM-D 388 se hace la siguiente clasificación:

Composición Química.	Análisis aproximado %.		
	Materia volátil	carbón fijo	cenizas.
C bajo-volátil	16.0	70.1	4.9
C medio-volátil	22.2	74.9	2.9
C alto-volátil A	34.3	59.2	6.5
C alto-volátil B	39.2	55.4	9.1
C alto-volátil C	36.4	54.5	9.1
Subbituminoso.			
A	38.9	56.4	4.7
B	42.8	54.4	2.8
C	42.8	39.0	19.2

	Análisis aproximado %.	
	Poder Calorífico,	Btu/lb (seco)
C bajo-volátil		15 000
C medio-volátil		15 178
C alto-volátil A		14 396
C alto-volátil B		14 108
C alto-volátil C		13 496
Subbituminoso		
A		13 595
B		13 283
C		13 582

Análisis Final %.

	Carbón	Hidrógeno	Nitrógeno	Azufre	Oxígeno
C bajo-volátil	85.4	4.8	1.5	0.8	2.6
C medio-volátil	86.4	4.9	1.6	0.6	3.6
C alto-volátil A	79.5	5.2	1.4	1.0	12.8
C alto-volátil B	78.3	5.2	1.4	1.4	8.2
C alto-volátil C	73.1	4.8	1.5	2.6	8.9
Subbituminoso					
A	75.1	5.0	1.4	1.0	12.8
B	75.0	4.9	1.3	0.5	15.5
C	60.7	4.6	0.9	1.1	14.5

Análisis Final %.

	Carbón	Hidrógeno	Nitrógeno	Azufre	Oxígeno
C bajo volátil	85.4	4.8	1.5	0.8	2.6
C medio volátil	86.4	4.9	1.6	0.6	3.6
alto-volátil A	79.5	5.2	1.4	1.4	6.1
alto-volátil B	78.3	5.2	1.4	1.4	8.2
alto-volátil C	73.1	4.8	1.5	2.6	8.9
Subbituminoso					
A	75.1	5.0	1.4	1.0	12.8
B	75.0	4.9	1.3	0.5	15.5
C	60.7	4.6	0.9	1.1	14.5

2.4.1.3. Lignita. Una más de las variedades del carbón mineral.- Este proporciona una gran cantidad de materia volátil; es algunas veces negro azabache pero con más frecuencia opaco y negro.- Todavía retiene la forma de la madera original.

Composición Química.

	Análisis Aproximado %			
	materia volátil	carbón fijo	cenizas	poder calorífico Btu/lb (seco)
lignita	41.8	49.4	8.8	11 034

	Análisis final %				
	carbón	hidrógeno	nitrógeno	azufre	oxígeno
lignita	64.4	4.2	1.1	0.8	20.7

2.4.1.4. Turba. Difiere del verdadero carbón mineral por su falta de homogeneidad, retiene la estructura original de la madera, contenido visible de fibras vegetales sólo parcialmente alteradas.

Análisis Aproximado %				
	materia volátil	carbón fijo	cenizas	poder calorífico Btu/1b (seco)
turba	67.3	22.7	10.0	9 057

Análisis final %					
	carbón	hidrógeno	nitrógeno	azufre	oxígeno
turba	52.2	5.3	1.8	0.04	30.3

2.4.2. Coque. Es el residuo poroso, gris e insoluble que queda después de expulsar la materia volátil del carbón bituminoso. Su resistencia es mejor que la del carbón.

La destilación o desgasificación se verifica al ca lentar el carbón en ausencia de aire (O_2), con poco calentamiento destila el combustible, con un ca lentamiento más fuerte coquiza. Por la destilación o desgasificación se forma un gas combustible concentrado valioso; el residuo es el coque, un com bustible y carburizante concentrado, depurado y en noblecido para la producción directa de calor y - aportación de carbón.

Composición Química.

Humedad:	2.0 %
Cenizas:	6.5 %
Volátiles:	0.7 %
Azufre:	0.7 %
Carbón fijo:	93.0 %

Poder calorífico: 14 490 Btu/lb

2.4.3. Carburo de silicio. El carburo de silicio - se utiliza también como carburizante. Vease Fe- - rroaleaciones.

2.4.4. Grafito. Es una variedad natural de carbón- elemental que tiene un color negro grisáceo, un - tinte metálico y bajo peso específico. Además es - un buen conductor de la electricidad y no lo ata- - can los ácidos.

En algunos lugares ha sido el resultado de la alte- ración del carbón mineral por el calor, los minera- les asociados comunes incluyen feldespató, caolini- ta, pirita, clorita, mica y apatita.

Composición Química.

carbón:	80.5 %
cenizas:	19.5 %

Propiedades Físicas

peso específico	2.55
	Infusionable.
sublima a:	3 600 C.

Se usa principalmente en siderurgia como carburizante, para hacer crisoles y otros productos refractarios, en lubricantes, pinturas, electrodos y para revestimientos en fundición.

2.4.5. Carbón Vegetal. Fué el primer carburizante empleado en la industria siderúrgica. El carbón vegetal es similar al coque en ciertos aspectos pero es más costoso y tiene un uso más bien limitado.

2.5 CHATARRA

2.5.0. Generalidades. La chatarra se puede definir como un conjunto de desperdicios, recortes, materiales de retorno, maquinaria y equipo viejos, - - etc., de hierro y acero.

La chatarra se genera en todos aquellos lugares industrializados, se produce en forma espontánea y - su volumen depende principalmente del grado de desarrollo, de la capacidad industrial y del nivel - de riquezas naturales de un lugar, región o país. - La importancia de la chatarra como materia prima - dentro de la industria siderúrgica radica en algunas ventajas que tiene sobre el mineral de hierro, tales como: es innecesaria su reducción previa, su disponibilidad aún después que se agoten los yacimientos de mineral.

El grado de utilización de chatarra como materia - prima en las diversas plantas siderúrgicas es muy - variado y depende de los procedimientos varios empleados y lógicamente de la mayor o menor disponibilidad de ella. Algunos procedimientos, como los - de horno eléctrico dependen casi exclusivamente de esta materia prima, otros como los convertidores - sólo pueden emplear determinados porcentajes de - chatarra en sus cargas.

La chatarra empleada en la fabricación de acero - procede principalmente de dos grandes fuentes:

A. La que se genera en las propias plantas siderúrgicas integradas o semiintegradas. Esta tiene la -

ventaja de tener una composición química conocida, por lo que se requiere una menor cantidad de ferroleaciones, reduciéndose el tiempo de proceso en la obtención de acero a las características que se requieren.

B. Aquella que se genera y se adquiere en exterior; como desperdicios de empresas industriales no siderúrgicas. Esta procede en gran volumen del extranjero, principalmente del mercado norteamericano y en menor cantidad, se adquieren dentro del país y se obtienen de las siguientes fuentes principales:

a) Chatarra de proceso o transformación. Proviene de las industrias manufactureras de transformación, pueden ser, desperdicios de lámina, placa o acero estructural, sobrantes de las empresas que fabrican productos de acero, tales como: estufas, muebles metálicos en general, juguetes, ventanería, estructuras metálicas, etc. Debido a que su composición química es conocida, este tipo de chatarra es muy apreciada, ya que tiene grandes ventajas en la operación de los hornos.

b) Chatarra de Capital. Es la que se representa por el sobrante o desecho recuperado del hierro y del acero usado en períodos o épocas pasadas; maquinaria, equipo, bienes de consumo duradero, tales como línea blanca, automóviles, equipo industrial, equipo ferroviario y equipo petrolero. En el caso de México es muy notorio que tanto las empresas gubernamentales como las particulares, prolonguen la vida de este tipo de bienes muy por encima de lo que se tiene en países industrializados.

Algunos ejemplos de ciclo de vida promedio de los productos de acero se indica en la siguiente tabla:

Producto	Ciclo de vida (años)
Aviones	10
Equipo de perforación de la industria petrolera	11
Artículos de uso doméstico	12
Automóviles	13
Implementos agrícolas	15
Equipo industrial y herramientas	16
Maquinaria pesada	18
Equipo ferroviario	27
Barcos	33

c) Desperdicios domésticos y comerciales. Están constituidos generalmente por latería vieja, latería de desecho, juguete, envases metálicos de origen doméstico y comercial.

d) Algunas otras fuentes productoras de chatarra en México, son los ingenios azucareros, que ocasionalmente dan de baja instalaciones y equipo fuera de servicio, pero ésto desde luego, no llega a ser ni un volumen considerable ni una producción constante.

Clasificación según la norma DGN-B-318-1969. La chatarra se clasifica en cuatro tipos, cada uno de ellos con su grado de calidad como se indica a continuación:

2.5.1. Paca Prensada.

- a) de primera
- b) de segunda
- c) de tercera

a) debe estar constituida por desperdicio de lámina nueva de bajo carbono, permitiéndose como máximo los porcentajes de los siguientes elementos:

Si silicio 0.5 % máx.

S azufre 0.05 %

P fósforo 0.05 %

Debe estar libre de otras aleaciones.

b) debe estar constituida por lámina de acero al carbono procedente de carrocería, lámina negra usada, lámina de acero galvanizada limitada a un 2%, alambres, resortes, lámina negra pintada o litografiada. Deben excluirse materiales estanosos, porcelanizados y lámina de acero al plomo.

c) debe estar constituida por materiales que no entren en los tipos y grados especificados en los incisos a y b, tales como, material galvanizado, estanado, porcelanizado, rebabas, material con cualquier otro recubrimiento, etc.

2.5.2. Paca desestañada.

- a) calidad A
- b) calidad B

a) debe estar constituida con desperdicios de hoja de lata desestañada.

b) debe estar constituida con desperdicios de hoja de lata y botes desestañados.

2.5.3. Chatarra.

- a) de primera
- b) de segunda general
- c) de segunda preparada
- d) de ferrocarril.

a) debe estar constituida por perfiles estructurales, placa de 6.35 mm o más de espesor. Sus medidas no deben exceder de 90 cm X 60 cm. Carga compacta.

b) debe estar constituida por perfiles estructurales y placa, negros y galvanizados, material de desperdicio procedente de automóviles, todos con un espesor mínimo de 3.17 mm.

c) debe estar constituida de los mismos materiales que para chatarra de segunda general, pero sus medidas no deben exceder de 90 X 60 cm. Carga compacta.

d) debe estar constituida por material desperdicio de acero de ferrocarril.

2.5.4. Chatarra de Hierro colado.

- a) pedacería de hierro colado automotriz.
- b) hierro colado de maquinaria No. 1 o primera.
- c) hierro colado de maquinaria No. 2 o segunda.
- d) chatarra de hierro colado general.

a) debe estar constituida por bloques de cilindros, múltiples, cabezas, volantes, cajas de cigüeñal, -

etc.; limpios, libres de grasas y metales no ferrosos.

b) debe estar constituida por chatarra de hierro fundido limpia, proveniente de columnas, tubos, placas y piezas fundidas diversas, incluyendo cuerpos de cilindros, tapas de motores de combustión interna, partes de hierro fundido de maquinaria para agricultura u otros. Debe estar libre de placas para estufas, hierro quemado, zapatas de frenos, materiales no ferrosos y materiales extraños. El tamaño no debe ser mayor de 40 X 40 cm y no debe llevar trozos de un peso mayor de 70 kg.

c) debe estar constituida por los mismos materiales del grado b, sólo que en tamaños más grandes que puedan ser quebrados con pera.

d) puede estar constituida por materiales no incluidos en los grados anteriores como placas de estufas, hierro quemado, zapatas de freno, hierro maleable nodular o blanco, etc., quedando lo anterior sujeto a convenio previo entre proveedor y consumidor.

2.5.5. Otros materiales no incluidos en esta norma son:

Rebabas o Virutas.

- a) Rebabas de acero. Desperdicio de torno y maquinado de aceros.
- b) Rebabas de colado. Desperdicio de torno y maquinado de hierro colado.

c) Briquetas. Masa metálica de rebaba compactada - en forma definida que no debe contener ningún tipo de elementos aglomerantes y/o ligantes.

Por otra parte existen dos tipos de pacas que se - trabajan en gran escala y que no se encuentran cla
sificadas:

Paca 3aA.

Desperdicio de bote de hojalata incine
rado.

Paca 3aB.

Desperdicio de bote de hojata sin inci
nerar o desestañar.

2.5.6. Elementos residuales. A continuación se in-
cluyen los límites más comunes de elementos resi--
duales:

2.5.6.1. Elementos residuales en chatarra para ace
ración.

Níquel	0.45 %
Cromo	0.20 %
Molibdeno	0.10 %
Manganeso	1.65 %

Los elementos residuales combinados sin considerar
el manganeso, no deben exceder de un 0.60 %.

Cobre	0.25 %	molibdeno	0.03 %
cromo	0.15 %	aluminio	0.03 %

níquel 0.15 %
estaño 0.03 %

plomo 0.01 %
cromo + molibdeno 0.20 %

2.6 DESOXIDANTES.

2.6.0. Generalidades. En la actualidad no sólo es necesario producir grandes cantidades de acero, si no que se exige una alta calidad del producto final.

Un gran número de problemas en la calidad del acero está determinado por la cantidad de defectos e inclusiones no metálicas que se encuentran en el producto final, ya que estas alteran de manera notable el rendimiento metálico, el comportamiento mecánico durante el trabajado y las características físicas y químicas finales para el uso que sea destinado. La causa principal de estas impurezas y defectos es sin lugar a dudas el oxígeno absorbido desde el momento que el acero líquido está siendo fabricado hasta su solidificación.

El oxígeno es el agente principal que hace posible la refinación de acero en los convertidores, pero no sólo oxida las impurezas, tales como silicio, manganeso, azufre y fósforo, sino que además de so lubilizarse en el baño metálico oxida también los principales constituyentes del acero, tales como el hierro y el carbón. Esta oxidación excesiva da lugar a que se tengan que desarrollar prácticas de desoxidación para controlar el nivel final de oxígeno del baño metálico y de esta forma producir aceros mas limpios y de mejor calidad.

Generalmente, todos los desoxidantes son usados en estado sólido; cuando estos son agregados a la olla durante el vaciado existe una considerable

turbulencia que hace una distribución relativamente uniforme desde el principio hasta el final del vaciado del convertidor. Cuando los desoxidantes son agregados como partículas pequeñas, durante el transcurso de la vaciada se disuelven más rápidamente que las partículas de mayor tamaño, o cuando se agregan en estado líquido su disolución se hace más homogénea.

Las películas de óxido que cubren las partículas de desoxidantes retardan la disolución de éstos, pero no obstante, actúan como agentes nucleantes para el producto de desoxidación. Los principales materiales que se utilizan como desoxidantes son: el aluminio manganeso, el boro, calcio-silicio, carbón, manganeso, silicio, silicio-manganeso.

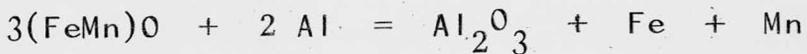
2.6.1. Aluminio. Debido al valor extremadamente negativo del potencial de oxígeno de la reacción aluminio-oxígeno, es posible que el aluminio sea un - fuerte desoxidante, teniendo casi siempre Al_2O_3 como producto de la desoxidación.

La reacción de desoxidación del aluminio en acero-líquido está representada por:



El aluminio se utiliza en la manufactura de acero-para desoxidar y desgasificar; como un elemento - aleante en contenido arriba de 1%. Este metal se - utiliza en forma de estrella para agregarse al horno y perdigones, barras o pequeños lingotes para - agregarse en la cuchara.

2.6.2. Aluminio-manganeso. En la práctica de desoxidación con aluminio-manganeso, generalmente se - agrega primero el manganeso con el objeto de que - se forme algo de $FeO.MnO$. Cuando el aluminio es - agregado reacciona con este compuesto según la - - reacción:



También existe la posibilidad de que se forma - - $MnO.Al_2O_3$ que puede bajar el contenido de oxígeno- de manera similar al sistema $MnO.SiO_2$.

2.6.3. Boro. El boro es también un buen desoxidan-

te, formando un óxido bórico (B_2O_3) como producto de desoxidación.

Aunque el óxido bórico formado es un buen fluidificante de las inclusiones de óxidos refractarios en el acero.

Su uso tiene limitaciones ya que queda como alto elemento residual en el acero.

Vease Ferroboro en el capítulo de ferroaleaciones.

2.6.4. Calcio-silicio. Aunque el calcio tiene una gran afinidad por el oxígeno y el azufre, el acero líquido no puede ser desoxidado eficientemente con calcio metálico debido a su bajo punto de ebullición y a su presión de vapor mayor a una atmósfera para las temperaturas de fabricación de acero, además que la solubilidad del calcio en hierro líquido es del orden de 0.03% a 1 600°C y una atmósfera de presión; sin embargo, con la presencia de 10% de silicio la solubilidad de este elemento se incrementa alrededor de 0.35% y disminuye la pérdida de evaporación durante la disolución.

Los productos de desoxidación por calcio-silicio forman generalmente silicatos de calcio líquidos que pasan rápidamente a la escoria.

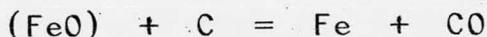
Vease calcio-silicio y calcio-silicio-manganeso en el capítulo de ferroaleaciones.

2.6.5. Carbón. En el control de la desoxidación - tienen relevante importancia tres mecanismos de de carburación que intervienen simultáneamente, pero en proporciones variables, dependiendo de la forma de llevar a cabo la refinación, altura y tipo de - la lanza, flujo y presión del oxígeno, etc., los - cuales son:

a) acción directa del oxígeno gaseoso.



b) reacción de FeO con carbón:



c) reacción entre el carbón y oxígeno di- - sueltos:

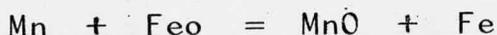


El carbón no puede ser ampliamente usado como un - desoxidante, excepto, en muy pocos casos. Las limi taciones que presenta para usarse como tal son: El carbón residual final y los costos en los sistemas de desgasificación.

Vease Ferrocabo.

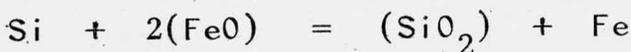
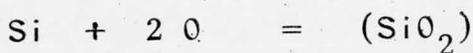
2.6.6. Manganeso. La desoxidación con manganeso en el proceso de refinación se lleva a cabo en dos - formas diferentes, una en el metal y otra en la in terfase metal-escoria.

Las reacciones correspondientes son:

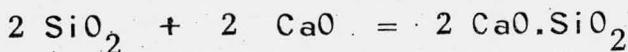


un rápido incremento de FeO en la escoria provoca un rápido decremento de manganeso residual en el metal. Las materias primas que pueden ser usadas como desoxidantes con manganeso serán descritas en el capítulo de Ferroaleaciones.

2.6.7. Silicio. La eliminación del silicio se efectúan rápidamente durante la inyección del oxígeno, de la siguiente manera:



La sílice así formada reacciona con el CaO en la escoria de la siguiente forma:



Generalmente los productos de desoxidación son SiO_2 (s), pero cuando se tiene manganeso se puede presentar el silicato de manganeso.

Las materias primas que pueden ser usadas como desoxidantes con silicio han sido descritas en el capítulo de Ferroaleaciones.

2.6.8. Silicio-manganeso. Siempre la desoxidación por silicio es más efectiva que la de manganeso debido a su potencial de oxígeno más negativo. La desoxidación simultánea por ambos elementos dan mucho más bajo oxígeno residual en solución.

El producto de desoxidación por silicio-manganeso es esencialmente silicato de manganeso ($MnO.SiO_2$) en estado líquido.

Las materias primas para la desoxidación con silicio-manganeso serán descritas en el capítulo de Ferroleaciones.

2.6.9. Desoxidantes complejos. Cuando es necesario desoxidar el acero a bajos niveles de oxígeno residual se usan desoxidantes complejos que contienen elementos alcalinotérreos. En casos especiales, -- cuando el azufre y el oxígeno deben mantenerse a bajos niveles, se usan como desoxidantes elementos de las tierras raras o en aleación con otros desoxidantes. Como ejemplo de ello podemos citar los siguientes:

La criolita ($AlF_3.3NaF$) y tierras raras-silicio.

Alsimín: que es una aleación compleja de aluminio-silicio.

Hipercal: contiene calcio, bario, aluminio y silicio.

Lamceramp: contiene cerio (48-50%), neodimio (13-14%), lantano (32-34%), praseodimio (4-5%) y otros lantánidos (0.6-1.6%)

El uso de estos desoxidantes debe satisfacer las tres condiciones siguientes:

- a) la vaporización del elemento desoxidante en el acero debe decrecer conforme se solubiliza.
- b) que los productos de desoxidación sean líquidos y que fluidicen las inclusiones de óxidos refractarios, es decir que sean escorificantes en el baño de acero líquido.
- c) que los desoxidantes en el acero se encuentren en bajas cantidades.

2.6.10. Otros elementos desoxidantes. El uso de vanadio, titanio, zirconio y niobio como desoxidantes, está restringido ya que la presencia de otros elementos causan la formación de compuestos complejos en el baño metálico, más que desoxidantes son usados como elementos de aleación.

2.7. DESULFURANTES

2.7.0. Generalidades. El azufre se considera como impureza nociva en el acero. Un bajo contenido de este elemento en aceros estructurales nos da un mejoramiento notable en las propiedades de resistencia al impacto, formabilidad y calidad superficial y también nos da un mejoramiento en la formabilidad y calidad superficial en productos laminados.

Se ha observado que el "S" tiene influencia bastante fuerte en la formación de grietas en los lingotes, es decir, a mayor contenido de azufre, mayores la cantidad de planchones que tienen que ser - reacondicionados. El rendimiento del lingote se ve también afectado por el contenido de "S" ya que la última parte en solidificar que se localiza en la cabeza del lingote, es la más rica en impurezas, - dando lugar a veces de que el contenido de azufre sobrepase las especificaciones requeridas por el - cliente con el consecuente desperdicio y baja de - rendimiento.

Ante estos planteamientos, la tendencia de las acerías es la de obtener aceros con bajo contenido de azufre.

Como la desulfuración en los hornos B.O.F. con los tiempos de colada tan pequeños no es suficiente para reducir el contenido de azufre a rangos aceptables, se ha planteado la necesidad de desulfurar - antes de la acería ya sea en el Alto Horno o en - una fase intermedia entre la acería y el Alto Horno que se le conoce como desulfuración externa.

Las ventajas que se obtienen de desulfurar externamente son las siguientes:

- a) se puede operar el Alto Horno con basicidades - bajas, de esto se obtiene una mejor operación - del mismo.
- b) Al operar con bajas basicidades se obtienen chorros de coque y fundentes.
- c) Se tiene un incremento en la producción ya que el volumen ocupado por el coque y fundentes es ahora ocupado por mineral.

El método de agitación usado para favorecer el contacto escoria desulfurante-metal, puede ser:

- 1) agitación natural por el chorro del metal al pasar a la cuchara.
- 2) agitación mecánica mediante una paleta girato--ria con aspas macisas o huecas.
- 3) agitación mecánica de la cuchara.
- 4) lanza de inmersión, a través de la cual se in--yecta el reactivo utilizando como vehículo un - gas inerte o reductor.

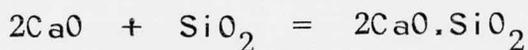
Los métodos de eliminación de los productos de la-reacción de desulfuración pueden ser:

- a) manuales
- b) mecánicos.

2.7.1. Caliza. Es un carbonato de calcio que al -- agregarse al horno se descompone en óxido de cal-- cío y bióxido de carbono. Cuando se desulfuriza - con caliza, ocurren las siguientes reacciones:



La sílice formada se convierte en silicato



Puesto que el carbón no reduce la sílice, permite que el óxido de calcio reaccione con la sílice for-
mando silicato que es absorbido por la escoria de-
sulfuro de calcio. De acuerdo a lo dicho anterior-
mente, esto lleva a una reducción de la actividad-
del óxido de calcio y consecuentemente a una menor
desulfuración.

Si bien es verdad que el carbonato de calcio agre-
gado habitualmente a la carga en el horno desulfu-
ra grandemente la fundición, por el contrario esta
sustancia unicamente no es suficiente para una de-
sulfuración completa ya que la escoria creada no -
reacciona mas que a temperaturas elevadas, este -
efecto puede disminuirse añadiendo de 10 a 15% de
carbonato de sodio.

Es conveniente emplear estos desulfurantes finamen-
te molidos por tratarse de una reacción puramente-
superficial, la finura del molido no debe ser exce-
siva porque aumenta la tendencia a la coagulación,
tendencia que aumenta exponencialmente al dismi-

nuir el tamaño de grano con lo que disminuye la su perficie de reacción y la eficacia de la desulfuración.

Otro inconveniente es que arrastran una fuerte pro porción de granalla de hierro con la escoria formada.

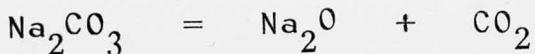
Propiedades Físicas.

A la temperatura de 826°C la piedra caliza se convierte en cal; y a 1426°C comienza a fundirse.

Tamaño de partícula empleado: del orden de 100 - micras

Consumo aproximado: 15 Kg/ton. de arra bio.

2.7.2. Carbonato de sodio. Cuando se desulfuriza con carbonato de sodio, la siguiente reacción se lleva a efecto; el carbonato en contacto con el hierro se descompone de acuerdo a:



generando óxido de sodio en una reacción endotérmica; el óxido de sodio reacciona con el azufre disuelto, generando sulfuro de sodio líquido



El Na_2S en la escoria en camino de formación, tiene una capacidad de disolución complementaria para

el FeS, donde más azufre será removido del baño - que el correspondiente a la cantidad de sulfuro de sodio que ha sido generado. Sin embargo el FeO de la anterior ecuación será reducido por el silicio disuelto presente en el baño con formación de sílice durante la cual, ésta también reacciona con el óxido de sodio, formando silicato y es absorbido - por la escoria de sulfuro de sodio, reduciéndose - de esta forma la actividad del carbonato de sodio de una manera análoga a la caliza.

El método de desulfuración con Na_2CO_3 representa - los siguientes inconvenientes:

- a) Disminuye su eficacia para contenidos iniciales y finales de azufre bajos, exigiendo en estos - casos consumos crecientes de reactivo que lo ha - cen tanto mas desaconsejable cuanto más bajo - sea el azufre final en el arrabio, a pesar del - bajo precio relativo del carbonato de sodio.
- b) Este reactivo presenta apreciables pérdidas por volatilización creando un problema de contamina - ción.
- c) El desgaste de los refractarios normalmente em - pleados es fuerte.
- d) Se aprecian variaciones importantes en la efica - cia desulfurante del Na_2CO_3 para unas mismas - condiciones de azufre inicial, temperatura de - arrabio y consumo específico de reactivo, moti - vado por la fuerte variación de la viscosidad - de la escoria desulfurante que se debe a la in - corporación a ésta del grafito segregado, fenó - meno que depende de las condiciones operatorias del horno, del contenido de carbono y azufre a -

la salida del horno y de la temperatura del - -
arrabio en el momento de ser tratado con el car-
bonato.

- e) La escoria líquida resultante en la desulfura-
ción es difícil de separar del arrabio por lo -
que siempre quedan restos de la misma que dañan
el refractario de cucharas y mezcladores que en
tran en contacto con ella.

En la práctica normal se adiciona simplemente en -
la canal o lo depositan en el fondo de las cucha-
ras antes del llenado de estas. La escoria líquida
de carbonato se mezcla muy fácilmente con el caldo
por la simple turbulencia ocasionada por la co- -
rriente del mismo en la canal o en el llenado de -
las cucharas.

El desescoriado resulta difícil siendo preciso es-
pesar la escoria para facilitar la limpieza del ba-
ño. Algunas veces se emplea arena en el espesado -
pero no es muy recomendable, por la posibilidad de
que se invierta la reacción de desulfuración. En -
lugar de arena debe emplearse virutas de caliza.

Propiedades Físicas:

Punto de fusión: 825°C

Punto de ebullición: 1387°C

Esta temperatura de punto de ebullición marca teo-
ricamente el límite superior del arrabio a que pue-
de efectuarse este tratamiento.

2.7.3. Carburo de calcio. La desulfuración por medio de CaC_2 ocurre de acuerdo a la siguiente reacción:



Esta reacción sigue un camino exotérmico, para una eficiente desulfuración se deben seguir las mismas condiciones que para la caliza.

Cuando se emplee aire como medio de transporte del carburo de calcio, hay necesidad de secarlo para evitar la formación de acetileno que es explosivo.

Proporciona muy buenos resultados sólo o mezclado con un 10% de agente causante de desprendimiento gaseoso, generalmente carbonato de calcio y carbono, y producen la reacción: $\text{CaCO}_3 + \text{C} = \text{CaO} + 2\text{CO}$ que proporciona un ambiente reductor dentro del baño y favorece la agitación, disminuyendo la cantidad de gas de transporte necesario para la mezcla.

Las ventajas mas importantes en el empleo de este desulfurante son:

Su eficiencia aumenta con la temperatura del arrabio, por lo que es aconsejable emplearlo con arrabio recién salidos del alto horno. Los consumos específicos de reactivo aumentan en mucho menos proporción que en el caso del carbonato, aunque comparativamente mayor que con el magnesio-coque, para contenidos finales de azufre decrecientes.

Para contenidos finales de azufre bajos (0.15 %) - tiene costos de desulfuración menores que con carbonato de sodio y estos son comparables a los de Mag-coque para muy bajos contenidos de azufre final (0.005).

No se presentan problemas de ataque a los revestimientos refractarios en contacto con las escorias resultantes.

Tiene los inconvenientes de ser muy costosa la instalación, de tener pérdidas de hierro en la escoria, y de que el precio del reactivo es mayor que el del carbonato sódico, pero menor que el del Mag-coque y el de ser un método patentado que requiere de licencia.

Propiedades Físicas.

Tamaño de partícula empleado:	Del orden de 100 - micras.
Consumo aproximado:	6 Kg/ton de arrabio.

Se aplica por medio de inyección con lanza, preferentemente en carros torpedo.

2.7.4. Magnesio-coque. Ha tenido bastante aceptación ultimamente como desulfurante y es preparado a base de coque y magnesio. Este material obtenido por la inmersión de coque incandescente en magnesio líquido, tiene la característica de liberar gradualmente el Mg, evitando una reacción de tipo explosivo.

Tiene las siguientes ventajas;

- a) Es el reactivo más eficaz y enérgico.
- b) Está especialmente indicado para conseguir muy-bajos contenidos finales de azufre en el acero.
- c) Es el que da menor consumo específico de reactivo.

Tiene las siguientes desventajas:

- a) El elevado precio del reactivo que es el más alto de los anteriormente considerados.
- b) El costo del reactivo es alto y sólo resulta - competitivo para muy bajos contenidos finales - de azufre en el acero.
- c) Es un método patentado.

2.8. ESCORIADORES

2.8.0. Generalidades. Para facilitar la extracción de la escoria del baño del metal líquido se utiliza un coagulante que servirá para recoger la escoria que está flotando en la superficie del metal; a este coagulante se le llama escoriador.

Este material es una mezcla más o menos sofisticada, según la compañía que los elabore, pero cuyo contenido básico es la criolita y fluoruro de sodio.

2.8.1. Criolita. Es un mineral que está compuesto de fluoruro de sodio y aluminio (Na_3AlF_6) ó $3\text{NaF} \cdot \text{AlF}_6$. Su apariencia es en forma de cristales generalmente cúbicos. Es quebradizo, tiene lustre vítreo a grasoso, incoloro a blanco o rojizo. Se utiliza en la fabricación de sales de sodio, ciertas clases de vidrio y porcelana, como fundente y para producir escoriadores.

Composición Química.

Fluor	54.4 %
Aluminio	12.8 %
Sodio	32.8 %

En extremo fusible.

2.8.2. Fluoruro de sodio. Es un compuesto con apariencia cristalina, incoloro, polvo blanco, ¡Veneno! (soluble en 25 partes de agua). Se utiliza -

como insecticida, para desinfectar aparatos de fermentación, para preservar la madera y para fabricar escoriadores.

Composición Química.

Sodio	54.75 %
Flúor	45.24 %
Funde a:	980°C

2.8.3. De las mezclas que se venden en el mercado tenemos las de la siguiente composición:

a) Criolita
Fluorita

b) Criolita
Fluorita
Bórax
Vidrio Molido
Talco
Fluorosilicato de sodio
Carbonato de calcio
Carbonato de sodio

c) Vidrio molido
Escoria de aluminio
Carbonato de calcio
Grafito

2.9.1 EXOTERMICOS

2.9.1.0. Generalidades. Para evitar las cavidades de contracción en las piezas de fundición y en los lingotes, la contracción en la solidificación debe ser compensada por medio de un agregado de metal líquido procedente de mazarotas convenientemente situadas que deben ser las últimas en solidificarse.

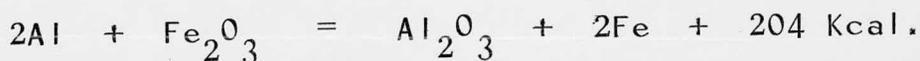
No obstante este problema de alimentación de metal líquido suplementario se resuelve de la mejor manera y en forma práctica y económica con materiales exotérmicos.

El metal líquido suplementario necesario para compensar la contracción es del 5% del peso de la pieza para la mayoría de las aleaciones. La superficie de las mazarotas expuesta a la atmósfera es una fuente importante de disipación de calor por radiación y convección, de esta forma se escapa aproximadamente el 50% del calor, esta pérdida de calorías no depende mas que de la temperatura del metal y es constante en el tiempo, ya que depende exclusivamente de la velocidad de renovación del aire en la superficie de la mazarota; las calorías restantes desaparecen por conducción a través de las paredes de la mazarota. Aunque muy rápido al principio, el flujo de calor a través de las paredes disminuye cuando una fina capa de arena en contacto con la mazarota ha alcanzado la temperatura del metal, debido a que la arena es un mal conductor térmico. Para evitar la pérdida de calor de la mazarota, utilizamos entonces, los modernos mate--

riales exotérmicos que en su mayoría reciben su calor de la oxidación del aluminio; otras aleaciones y metales fácilmente oxidables están siendo tratadas, tales como magnesio, siliciuro de calcio, ferrosilicio y carburo de calcio. Aunque el aluminio es el mejor material con respecto a la producción de calor, precio y fácil manejo.

Se ha encontrado que la adición de pequeñas cantidades de fluoruro en la forma de fluoruros alcalinos, criolita o fluoruro de aluminio influyen decisivamente en las propiedades de la mezcla exotérmica en varias formas. La reacción empezará a más baja temperatura que las mezclas térmicas ordinarias, esta reacción se lleva a cabo proporcional y rápidamente desde que empieza hasta que el total del aluminio ha sido consumido. Estos materiales exotérmicos no son mezclas grandemente estequiométricas de aluminio y óxido de hierro pero se basan principalmente en el polvo de aluminio, virutas refractarias, pequeñas cantidades de fluoruros y compuestos oxidantes, pero la cantidad de materiales oxidantes está lejos de encontrarse en porcentaje estequiométricos, de ahí que no haya suficiente oxígeno presente en la mezcla para que prenda completamente el aluminio por sí mismo.

2.9.1.1. Aluminio. Como se ha dicho anteriormente el uso de materiales exotérmicos se basa principalmente en la aluminotermia, o sea, el uso de aluminio como un material combustible que junto con la ignición de mezclas de óxidos de metal generan calor en un proceso que generalmente se conoce como "Proceso Thermit"; químicamente se puede resumir - como sigue:



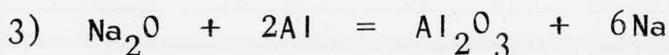
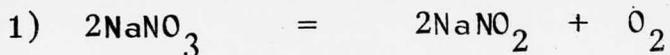
La reacción se lleva a cabo a una gran velocidad y se termina en unos cuantos segundos y los productos de reacción consisten de hierro líquido y escoria; la temperatura durante la reacción puede ir - arriba de 2 500°C, no obstante, solamente se desarrollan 204 Kcal. Actualmente la combustión de aluminio y la oxidación a óxido de aluminio (Al_2O_3), - desarrollan 400 Kcal.

Es razonable suponer que si este tipo de mezclas, - en las cuales óxido de hierro y aluminio están presentes en proporciones estequiométricas fueran mezcladas con un agente ligante podría estar dentro - de una manga y usarse alrededor de una mazarota; - tal camisa, sin embargo ardería muy violentamente, la reacción se terminaría en un corto tiempo y los productos de reacción hierro líquido y escoria de óxido de aluminio serían intermezcladas con el acero y lo contaminarían. Con objeto de controlar esta reacción un paso obvio es diluir la mezcla con un refractario, éste baja la proporción de combustión y mejora la temperatura final para que el residuo permanezca sólido y guarde su forma.

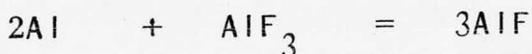
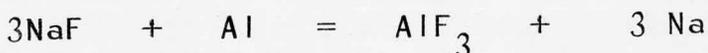
Mencionamos a continuación algunas mezclas de exotérmicos comerciales, por razones obvias omitimos sus porcentajes:

1.- Escoria de Aluminio	Al
Carbón Vegetal	C
Nitrato de sodio	NaNO
Ferrosilicio	Fe-Si
2.- Aluminio	Al
Nitrato de sodio	NaNO ₃
Cascara de arroz	
Cuarzo molido	SiO ₂
Oxido de hierro	Fe ₂ O ₃
Fluoruro de sodio	NaF
Sulfato de aluminio	Al ₂ (SO ₄) ₃
3.- Escoria de aluminio	Al
Oxido de hierro	Fe ₂ O ₃
Carbón vegetal	C
Oxido de manganeso	MnO ₂
Sulfato de sodio	Na ₂ SO ₄
Nitrato de sodio	NaNO ₃

De estas mezclas algunos compuestos son aprovechables como exotérmicos y otros se agregan para hacer el producto más sofisticado aunque la base es la misma para todos. Los compuestos oxidados, tales como nitratos (álcalis y tierras raras) o cloratos que están presentes en la mezcla térmica -- reaccionan con el aluminio y son reducidos, mientras es oxidado a óxido de aluminio, la reacción -- se lleva a cabo de la siguiente manera:

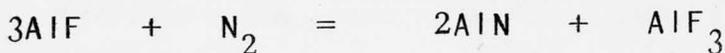


El sodio inmediatamente se quema en contacto con el aire y forma óxido de sodio y suficiente calor como para que la temperatura se eleve alrededor de 700 °C. Otra de las reacciones que se efectúan es:



El fluoruro de aluminio formado es muy reactivo y está disponible para reacciones posteriores, esto continúa hasta que todo el aluminio es oxidado.

Las temperaturas creadas durante la reacción son muy altas y muchas reacciones se llevan a cabo incluyendo la formación de nitruros:



Estas mezclas térmicas están siendo extensivamente usadas para soldaduras de rieles, para soldadura en general y para los trabajos donde se requiere acero líquido, donde ningún equipo de fusión es apropiado y en acerías y fundiciones como material exotérmico.

2.9.2. INOCULANTES.

2.9.2.0. Generalidades. Se llama inoculación a la adición al hierro líquido, de una pequeña cantidad de material, generalmente silicio y/o grafito en presencia de otros elementos para provocar una desoxidación y aumentar el grado de nucleación del grafito eutéctico y minimizar por consiguiente, la tendencia al temple y a la formación de tipos de grafitos indeseables que afectan desfavorablemente la maquinabilidad y las propiedades mecánicas del hierro colado. Así pues, el propósito de la inoculación es proveer consistencia y uniformidad de las propiedades mecánicas de piezas de diferentes tamaños; mejorar su maquinabilidad y aumentar la resistencia, especialmente en los casos de bajo carbón equivalente.

Un buen inoculante debe poseer las siguientes características:

- 1.- Baja decadencia o reversión con resultados constantes desde una adición estandar.
- 2.- No tener efectos adversos por una sobre adición.
- 3.- Que produzca inoculación máxima y reducción de temple en todas las composiciones del hierro.
- 4.- Que favorezca la nucleación de células eutécticas.
- 5.- Que evite la formación de grafito subenfriado.
- 6.- Influencia favorable en las características mecánicas del hierro.
- 7.- Que actúe incluso en hierros con bajo contenido de azufre.

- 8.- Que deje pocos residuos o escorias y que sean fáciles de extraer.
- 9.- Efectividad inoculante aunque sea a baja temperatura.
- 10.- Que contenga poco aluminio.
- 11.- Reduzca la sección de sensibilidad a un mínimo.

El último punto (11) se refiere al extremo cambio en estructura y propiedades que resultan entre secciones gruesas y delgadas en fundición gris inoculada. Muchas secciones delgadas pueden ser templadas, frágiles y no maquinables, mientras que el mismo hierro en gruesas secciones puede ser de grano áspero, blando y de muy baja resistencia. Un hierro gris inoculado propiamente o adecuadamente no muestra estos extremos.

La inoculación trabaja de la siguiente forma: el grafito crece desde celdas eutécticas tal como solidifica el hierro gris y cada celda eutéctica crece de un núcleo. El tratamiento de inoculación aumenta el número de núcleos en el hierro fundido y así pues, crea un gran número de celdas eutécticas con sus armazones de laminillas de grafito.

El tratamiento de inoculación es también un significado de controlador de tamaño de grano y densidad de estructura. Estos cambios son acompañados por un aumento en las propiedades mecánicas, aunado a un mejoramiento en la maquinabilidad.

La clasificación del tamaño de partícula del inoculante debe ser elegida de acuerdo a la forma de in

roducción y al volumen de hierro que va a ser tra
tado. Partículas entre $1/8$ y $1/2$ de pulgada, li- -
bres de finos y polvos cubren los mayores requeri-
mientos. El efecto de inoculación máxima ocurre in
mediatamente después que se hace la adición y dis-
minuye conforme pasa el tiempo. Así pues, el trata
miento debe ser aplicado al hierro líquido antes -
del vaciado. Este requerimiento se cumple agregan-
do el inoculante al chorro cuando va a ser vaciado
en la cuchara.

2.9.2.1. Calcio. El calcio y el hierro son completamente inmiscibles, tiene un punto de fusión más-bajo que el hierro y una bastante elevada presión-de vapor. Estas propiedades físicas son causa de -grandes dificultades cuando se añade calcio al hierro; además es extraordinariamente reactivo y se -combina fácilmente con oxígeno, nitrógeno, hidrógeno, los halógenos, carbono, silicio y otros muchos elementos. Por tanto, se acostumbra añadir calcio-como aleación o compuesto con elementos tales como silicio, manganeso y hierro.

El siliciuro de calcio (CaSi) es un inoculante muy apreciado dentro de la industria siderúrgica. El -calcio en pequeñas cantidades es muy benéfico para las propiedades inoculantes de algunos inoculantes de silicio.

2.9.2.2. Silicio. El silicio está siempre presente en el hierro colado. Es grafitizante y rebaja la -estabilidad del carburo eutéctico y eutectoide. - Los tipos de fundición blanca tienen por lo gene--ral bajo porcentaje de silicio, en tanto, la fundición gris ordinaria contiene por lo menos 1.5% y -raramente pasa del 3% Si.

El silicio es un ingrediente importante de la ma--yor parte de los inoculantes ya sea ferrosilicio, -siliciuro de calcio o aleaciones importantes de silicio con manganeso y zirconio. La efectividad de-la mayoría de los inoculantes base silicio depende de la presencia de pequeñas cantidades de elemen--tos tales como calcio y aluminio.

El efecto grafitizante del silicio inoculado es mucho mas intenso que el del silicio procedente del-arrabio. Por lo general se inocula, con un 0.25 a-0.5% Si a la fundición de hierro.

2.9.2.3. Grafito. Si el contenido de silicio es correspondiente y las velocidades de enfriamiento lo bastante lentas, el grafito se precipita sobre las partículas de grafito ya existentes.

El grafito eutéctico cristaliza en la fundición - frecuentemente en forma de células eutécticas, que forman un armazón grafitico interdependiente. Se--gún la finura con que éste, esté ramificado se en-contrarán en la micrografía láminas finas o bastas de grafito.

La inoculación con grafito nos ayuda básicamente a obtener grafito tipo A de distribución uniforme - que influyen terminantemente sobre las propiedades mecánicas de la fundición.

Los inoculantes de grafito dependen principalmente de su pureza y cristalinidad. También hay inoculantes base silicio con grafito.

2.9.2.4. Inoculantes perfeccionados. Se han hecho- experimentos para aumentar la potencia de los ino- culantes y para alargar el período de tiempo de la inoculación. Inoculantes que contienen bario están siendo introducidos para los cuales se demanda mas lenta decadencia; por otro lado, se está comproban

do que el poder inoculante del aluminio libre de - ferro-silicio puede ser aumentado por pequeños porcentajes de adición de estroncio. La presencia simultánea de una cantidad significativa de calcio nulifica el efecto del estroncio y por eso, es muy - importante que el contenido de calcio de cualquier inoculante de estroncio sea lo más bajo posible. - La inoculación máxima se logra con una adición de- 2% de un Fe-Si 75% conteniendo entre 1% y 4% de estroncio. Se ha demostrado prácticamente la superioridad de inoculantes que contienen estroncio en la reducción de temple y un aumento en número de celdas eutécticas, particularmente en secciones delgadas. El estroncio que contiene Fe-Si es muy efectivo para prevenir temple en hierros nodulares de - sección delgada pero solamente cuando el cerio no- está presente.

2.10.0. Generalidades. El término ferroaleación implica que el hierro es un constituyente básico de los agentes usados para la adición de otros elementos en la fundición de metales ferrosos; algunos - materiales clasificados como ferroaleaciones con-- tienen menos del 3% de hierro y otros no contienen, por lo que el término "agentes adicionales" es más exacto.

Las ferroaleaciones se utilizan en la manufactura del acero, básicamente para dar al baño de fundi-- ción la composición química deseada, controlar la temperatura de vaciado del metal y dar al producto final las características físicas deseadas.

El control de solidificación involucra el grado - propio de desoxidación, así como la extracción de gases, tales como, hidrógeno, nitrógeno; también - asegura que la pieza fundida tenga el grado de so- lidez y homogeneidad requerida. Las propiedades - que estos agentes adicionales imparten a los ace- ros son principalmente las de mejorar su resisten- cia a la tensión, ductibilidad, maleabilidad, resis- tencia al impacto, durabilidad, resistencia a la - temperatura, resistencia a la corrosión, propieda- des eléctricas especiales, etc.

Los materiales aleantes se pueden agregar en la - carga, en el baño fundido cerca del período final, en la cuchara o en los moldes. La regulación de la adición de aleantes causa efectos en el aumento de la temperatura del metal fundido, en la formación-

y eliminación de productos de reacción y en la protección de subsecuentes incrementos de oxidación.- Los principales agentes adicionales son: el aluminio, boro, calcio, cromo, columbio, manganeso, molibdeno, fósforo, selenio, silicio, titanio, tungsteno, vanadio y zirconio.

2.10.1. Calcio-Silicio. Es el agente adicional cuyo rango en contenido de calcio es de 30 a 33% y de 60 a 65% de silicio y casi no tiene fierro.

Se usa como desoxidante en los aceros y como inoculante en los hierros colados y se produce en hornos eléctricos. Según la norma DGN-B-234-1968, la composición química de los grados de calidad de calcio-silicio es la siguiente:

Calcio	Ca	30.0 a 33.0	%
Silicio	Si	60.0 a 65.0	%

2.10.1.2. Calcio-silicio-manganeso. Es el agente adicional cuyo rango en contenido de silicio va de 53 a 59% y del 14 a 18% de manganeso. Se utiliza como desoxidante y algunas veces para introducir manganeso en aceros comunes. La norma DGN-B-234-1968, establece un grado de calidad de calcio-silicio-manganeso: CaSiMn/18/56/16.

La composición química del Ca/Si/Mn debe cumplir con la siguiente especificación:

Calcio	Ca	10 a 16	%
silicio	Si	53 a 59	%
manganeso	Mn	14 a 18	%

2.10.2. Ferroboro. Es el agente adicional cuyo rango en contenido de boro va de 12.0 a 24.0%.

Se utiliza para dar mayor dureza y tratabilidad y mejora la resistencia en algunos aceros Cromo-ní--

quel. Reduce la resistencia a la corrosión, da mayor resistencia a las altas temperaturas. Se emplea para los reactores nucleares.

La norma DGN-B-221-1969, establece los siguientes grados de calidad:

FeB/13
 FeB/18
 FeB/19
 FeB/22

La composición química de los grados de calidad de ferroboro debe cumplir con lo que se especifica en la tabla siguiente:

	FeB/13	FeB/18	FeB/19	FeB/22
Boro B %	12 a 14	17.5 a 20	17.5 a 20	19 a 24.0
Carbono C máx.	1.0	1.0	1.5	0.50
silicio Si%	2 a 4	2 a 4	2 a 4	1.5 máx.
aluminio Al máx.	2.00	2.0	2.0	2.0

2.10.3. Ferrocabo. Se conoce como ferrocabo al carburo de silicio que se usa como abrasivo, refractario, agente adicional y como desoxidante en la manufactura de aceros al carbón. El carburo de silicio se disocia dentro del hierro fundido a temperaturas superiores a los 1300°C y produce carbono y silicio, los cuales se consumen parcialmente en la desoxidación y el resto se queda en el fie--

rro; por lo tanto, el carburo de silicio es también una fuente importante de carbono y silicio.

La composición normal del grano de carburo de silicio que se encuentra en el mercado es la siguiente:

Carbono libre	C	3.0 %
carburo de silicio	SiC	90.0 %
óxido de silicio	SiO ₂	Resto.
óxido de aluminio	Al ₂ O ₃	

2.10.4. Ferrocromo. Es el agente adicional cuyo rango en contenido de cromo va desde 51.0% a 75% de cromo. Se utiliza para incrementar la dureza y tenacidad del acero y provee resistencia a la corrosión, a la composición, a la oxidación y al uso.

Por su contenido de carbón, se clasifica en los siguientes grados, según la norma DGN-B-220-1966.

FeCr AC= Ferrocromo alto carbono.
 FeCr CN = Ferrocromo con nitrógeno.

FeCr BC= Ferrocromo bajo carbono.
 FeCr v = Ferrocromo al vacío.

Su composición química es:

FeCr AC		
cromo	Cr	51 - 72 %
carbono	C	6 - 9 %
silicio	Si	1.5 - 12 %
azufre	S	0.05- 0.07 %
fósforo	P	0.03 máx.

FeCr BC		
cromo	Cr	60 - 75 %
carbono	C	0.025- .75%
silicio	Si	1 - 5 %
azufre	S	0.025 máx.
fósforo	P	0.03 máx.

FeCr CN.		
cromo	Cr	62 - 70 %
carbono	C	0.10 máx.
silicio	Si	1.0 máx.
azufre	S	0.025máx.
fósforo	P	0.03 máx.
nitrógeno	N	0.5- 2.0 %

FeCr v.		
cromo	Cr	62 - 70 %
carbono	C	0.10 máx.
silicio	Si	1.0 máx.
azufre	S	0.025máx.
fósforo	P	0.03 máx.
nitrógeno	N	1.5- 6.0 %



Por su amplio rango en contenido de cromo y carbón todos los grados de ferrocromo se utilizan ampliamente en la fabricación de acero.

2.10.5. Ferrocolumbio. Es el agente adicional cuyo rango en contenido de columbio va de 50 a 70%.

Se utiliza como estabilizador en la corrosión austenítica de aceros Cromo-níquel; da mayor resistencia a la fatiga y mayor resistencia a las altas -

temperaturas. El ferrocolumbio se clasifica en los siguientes grados de calidad:

FeCb/60 A

FeCb/60 B

La composición química de los grados de calidad - del ferrocolumbio, según la norma DGN-B-236-1968, - es:

	FeCb/60 A		FeCb/60 B	
	mín. %	máx. %	mín. %	máx. %
Columbio	50.0	70.0	50.0	70.0
tantalio		2.0		7.0
carbono		0.3		0.2
manganeso		3.0		3.0
silicio		3.5		4.0
aluminio		2.0		1.5
estaño		0.15		0.15
cobalto		0.01		-
fósforo		0.05		0.05
azufre		0.03		0.03

2.10.6. Ferrofósforo. Es el agente adicional cuyo rango en contenido de fósforo va de 15 a 25%. En los aceros suaves un incremento del porcentaje de fósforo arriba de 0.40% aumenta la resistencia a la tracción y al límite de fatiga, éste último en aproximadamente 57 Kg/mm^2 por cada 0.01% P, pero disminuye moderadamente la resistencia al impacto y la ductibilidad. El carbono rebaja la solubilidad del fósforo en la ferrita. El fósforo favorece la formación de una estructura de grano basto en el acero y puede traducirse en indeseables segrega

ciones. Los aceros de tornillería, que se mecanizan a elevadísimas velocidades de corte, pueden - contener hasta 0.1% de fósforo. En los aceros altos en carbono el fósforo acrecienta en este caso la resistencia sin fragilizar el material.

En fundición, aproximadamente un 0.2% P permanece en solución, mientras que cualquier exceso de esta porción se presenta como fosfuro de hierro, constituyente eutéctico de bajo punto de fusión, usualmente este constituyente aparece en la fundición gris como un duro retículo que delimita los bordes de grano y en la fundición blanca formando hileras.

El fósforo rebaja el punto de solidificación de la fundición, mejorando su fluidez y colabilidad, razón por la que es frecuente encontrarlo en la misma. El fósforo fragiliza la fundición nodular y la maleable por lo que se mantiene lo más bajo posible.

Según la norma DGN-B-235-1968, la composición y clasificación del ferrofósforo es:

FeP/18

FeP/24

Composición química:

	FeP/18	FeP/24
fósforo %	15 a 20 %	20 a 25 %

2.10.7. Ferromanganeso. Es la ferroaleación que se utiliza en todos los tipos de acero y su contenido

de manganeso es de 74 a 90%. Proporciona a los aceros propiedades de dureza, tenacidad, resistencia a la abrasión y mejora las cualidades para laminación y forja de los mismos.

Actúa como desoxidante por la afinidad que tiene con el óxigeno, contrarresta el efecto del azufre formando sulfuros de manganeso que funden sólo a $-1\ 620^{\circ}\text{C}$, sustituyendo al sulfuro de hierro que funde a $1\ 193^{\circ}\text{C}$ y elimina así, la fragilidad al rojo (o por lo menos la disminuye).

Según la norma DGN-B-40-1966, el ferromanganeso se clasifica en los grados de calidad siguientes:

Ferromanganeso Normal	FeMn N/75
	FeMn N/77
	FeMn N/80

Ferromanganeso Medio carbono.	FeMn M/83
	FeMn M/83-A

Ferromanganeso Bajo Carbono.	FeMn B/83
	FeMn B/88

Composición Química:

		FERROMANGANESO		NORMAL		
		FeMn N/75	FeMn N/77		FeMn N/80	
Mn	%	74 - 76	76 - 78		78 - 82	
C	máx.	7.5	7.5		7.5	
Si	máx.	1.2	1.2		1.2	
P	máx.	0.35	0.35		0.35	
S	máx.	0.050	0.05		0.05	

	%	FERROMANGANESO MEDIO C.		FERROMANGANESO BAJO C.	
		FeMn M/83 80 - 85	FeMn M/83-A 80 - 85	FeMn B/83 80 - 85	FeMn B/88 85 - 90
Mn					
C	máx.	1.5	1.5	0.75	Como se especi- fique "
Si	máx.	1.0	1.5	5 - 7	
P	máx.	0.3	0.3	0.30	0.20
S	máx.	0.020	0.020	0.020	0.020

Gravedad Específica: 2.4 - 5.1

2.10.8. Ferromolibdeno. Es el agente adicional cuyo elemento principal es el molibdeno y su contenido varia desde 55.0 a 75.0% aproximadamente. Se usa en la fabricación de acero, fundición de hierro y herramientas de corte rápido, principalmente para acrecentar las propiedades de otros metales, tales como el cromo, níquel y vanadio. Incrementa la dureza y la resistencia a la tracción, permitiendo al mismo tiempo se conserve la tenacidad.

Según la norma DGN-B-228-1966, el ferromolibdeno se clasifica en los grados de calidad:

FeMo/60
FeMo/63

Composición Química:

	FeMo/60	FeMp/63
molibdeno %	60 mín.	55 - 70
carbono	0.10 máx.	2 - 2.5
fósforo máx.	0.050	0.10
azufre máx.	0.15	0.25
silicio máx.	1.0	1.5
cobre máx.	1.0	1.0

2.10.9. Ferroníquel. Es la ferroaleación cuyo rango en contenido de níquel va desde 20 a 42%. Se utiliza como aleación en aceros-resistentes a altas temperaturas y a la corrosión. Hasta 5% Ni se adiciona a ciertos aceros para construcción que son pobres en carbono para incrementar su resistencia y dureza sin decrecimien

to de su tenacidad. La combinación de níquel y carbón produce, en el acero conteniendo, por ejemplo- 0.3% C y 3.0% Ni, una mayor resistencia a la tracción, buena tenacidad, excelente resistencia al impacto y superior límite de fluencia con relación al correspondiente acero no aleado. Este acero se usa para grandes piezas de forja y partes móviles de maquinaria.

La norma DGN-B-233-1968, establece los grados de calidad. El ferroníquel debe cumplir:

FeNi - AC

FeNi - BC

La composición química de los grados de calidad del ferroníquel es la siguiente:

	FeNi - AC	FeNi - BC
	20 a 35	25 a 42 %
níquel		
cobalto %	2.0 máx.	0.04 máx.
carbono	2.0 máx.	0.04 máx.
silicio	4.0 máx.	0.04 máx.
cromo	2.0 máx.	0.04 máx.
manganeso	0.5 máx.	0.04 máx.
fósforo	0.3 máx.	0.04 máx.
azufre	0.03 máx.	0.04 máx.
cobre	0.10 máx.	0.04 máx.

2.10.10. Ferrosilicio. Es la ferroaleación cuyo elemento principal es el silicio desde el 15.0% al 95.0% de silicio.

Por su gran afinidad por el oxígeno el silicio se-

utiliza mucho en acería (casi siempre junto con - otros elementos) en calidad de desoxidante. El silicio es asimismo un potente grafitizante.

Con más del 2.5% de silicio decrece la conformabilidad de las aleaciones considerablemente, en tanto la resistencia a la tracción y límite elástico de estas aleaciones en estado de recocido aumentan con un contenido de silicio de hasta el 4.5%. Contenidos más elevados de silicio aumentan la templabilidad y resistencia del acero. Agregando estas aleaciones a los aceros al cromo les aumenta su resistencia a la oxidación cuando van a ser usados en condiciones de alta temperatura.

Según la norma DGN-B-58-1966, el ferrosilicio se - clasifica en los siguientes grados de calidad:

FeSi/22	FeSi/77
FeSi/49	FeSi/86
FeSi/68	FeSi/94

La composición química de los grados de calidad de ferrosilicio, debe cumplir con la norma.

	FeSi/22	FeSi/49	FeSi/68	FeSi/77
silicio %	20 - 24	47 - 55	65 - 70	74 - 79
carbono máx.	0.50	0.10	0.10	0.10
azufre máx.	0.025	0.025	0.025	0.025
fósforo máx.	0.10	0.040	0.035	0.035
aluminio máx.	1.0	1.25	1.25	1.50
manganeso máx.	1.0	0.75	0.50	0.40

	FeSi/86	FeSi/94
silicio %	83 - 88	92 - 95
carbono máx.	0.15	0.10
azufre máx.	0.025	0.025
fósforo máx.	0.030	0.025
aluminio máx.	1.75	2.0
manganeso máx.	0.35	0.25

2.10.10.2. Ferrosilicio Estabilizado. Es el compuesto de ferrosilicio que ha sido mezclado y unido con agentes químicos para añadir calor extra y estabilizar la ferroaleación cuando se agrega al acero.

Se utiliza en diferentes grados, según sean los agentes químicos que se han añadido.

Especificación.

Composición química:

Silicio	Si	40.0 - 50.0 %
zirconio	Zr	35.0 - 40.0 %

Propiedades Físicas:

Rango de fusión:	1 250°C-1 340°C
Gravedad específica:	3.5

2.10.11. Ferrotitanio. Es el agente adicional cuyo elemento principal es el titanio, que se utiliza como disoxidante, en aleaciones de alta temperatura y para controlar el tamaño de grano y como estabilizador en aceros resistentes a la corrosión.

Según la norma DGN-B-22-1966, el ferrotitanio se clasifica en:

FeTi/17	FeTi/24
FeTi/19	FeTi/28
FeTi/20	FeTi/42

La composición química de las clases de ferrotitanio que establece la norma es la siguiente:

		FeTi/17	FeTi/19	FeTi/20
titanio	%	15 - 18	17 - 20	15 - 25
carbono	%	6 - 8	3 - 5	0.50 máx.
silicio	%	3.0 máx.	3.0 máx.	15 - 25
aluminio	%	2.5 máx.	4.0 máx.	1.0 máx.

		FeTi/24	FeTi/28	FeTi/42
titanio	%	20 - 27	25 - 31	38 - 45
carbono		0.10 máx.	0.10 máx.	0.10 máx.
silicio		5.0 máx.	20 - 25	5.0 máx.
aluminio		6.0 máx.	1.5 máx.	9.0 máx.

2.10.12. Ferrotungsteno. Es la ferroaleación cuyo rango en contenido de tungsteno va de 2 a 82%. Se utiliza para elevar la dureza y resistencia mecánica en aceros especiales, para impedir el crecimiento de grano. Se usa en aceros de alta velocidad, para aceros resistentes a altas temperaturas y aceros para trabajo en caliente.

La norma DGN-B-225-1968 establece un grado de calidad para el tungsteno:

FeW/77

Su composición química es:

	FeW/77
tungsteno %	72 - 82
carbono máx.	0.6
fósforo máx.	0.060
azufre máx.	0.060
silicio máx.	1.0

2.10.13. Ferrovandio. Es el agente adicional cuyo rango en contenido de vanadio va de 50.0 a 80.0%.- Se utiliza para introducir vanadio en los aceros y hierros; como la resistencia de la ferrita crece - por disolución del vanadio, este elemento es añadi- do a los aceros muy pobres en carbono para mejorar la resistencia a la tracción sin detrimento apre- - ciable de la tenacidad. Este hecho halla aplica- - ción en aceros para construcción.

Bastan contenidos de vanadio de 0.1 a 0.3% para - conferir suficiente tenacidad y para afinar el gra- no; la necesaria dureza se obtiene por medio de - los carburos de hierro y manganeso presentes al - mismo tiempo. Para la fabricación de piezas gran- - des de forja, piezas para locomotra, ejes cigüeña- les, etc.

La resistencia al desgaste de los aceros para he- - rramientas mejora con la adición de vanadio. La - norma DGN-B-224-1966 establece siete grados de ca- - lidad de ferrovanadio:

FeV/40-D	FeV/53-D
FeV/53-A	FeV/75-A
FeV/53-B	FeV/75-B
FeV/53-C	

Su composición química es:

	FeV/40-D	FeV/53-A	FeV/53-B	FeV/53-C	FeV/53-D
vanadio %	38-42	50 - 55	50 - 55	50 - 55	50 - 55
carbono máx.	3.0	0.20	1.5	3.0	3.0
fósforo máx.	0.1	0.050	0.060	0.050	0.10
azufre máx.	0.1	0.10	0.10	0.10	0.10
silicio máx.	7-11	1.5	2.3	8.0	7 - 11
aluminio máx.	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

	FeV/75-A	FeV/75-B
vanadio %	70 - 80	70 - 80
carbono máx.	0.20	1.5
fósforo máx.	0.050	0.060
azufre máx.	0.10	0.10
silicio máx.	1.5	2.3
aluminio máx.	1.5	1.5

2.10.14. Fundición Especular. (SPIEGELEISEN). Es el agente adicional cuyo rango en contenido de manganeso va de 16.0 a 23%. Se utiliza como desoxidante y para introducir manganeso en los aceros comunes. Se produce en los altos hornos.

De acuerdo a la norma DGN-B-226-1966, la fundición especular se clasifica en:

FeMn SP/18	FeMn SP/22
FeMn SP/20	

Su composición química es:

	FeMn SP/18	FeMn SP/20	FeMn SP/22
manganeso %	16 - 19	19 - 21	21 - 23
carbono máx.	6.5	6.5	6.5
fósforo máx.	0.080	0.080	0.080
azufre máx.	0.050	0.050	0.050
silicio máx.	1 - 3	1 - 3	1 - 3

2.10.15. Níquel electrolítico. Es el níquel obtenido electroquímicamente y que es utilizado como agente adicional en los aceros

y en materiales que contienen níquel. Se utiliza - en aceros resistentes a altas temperaturas y a la - corrosión y también en aleaciones de níquel.

Especificaciones:

El níquel electrolítico se surte - en forma de cátodos electrolíticos o en forma de - perdigón o lingotes, producto de los cátodos derre - tidos. Su composición química es:

	Cátodo electrolítico	Cátodo derretido
Níquel:	99.95 %	99.6 %

Propiedades Físicas.

Punto de Fusión:	1 450°C
Gravedad específica:	8.8

2.10.16. Silicomanganeso. Es el agente adicional - cuyo contenido de manganeso varía por lo general - de 65 a 68% y el silicio va desde 12 hasta 21%, ge - neralmente es añadido a los aceros cuando la canti - dad de carbón ya no se quiere alterar. Se utiliza - ampliamente para desoxidar e incrementar la limpie - za.

De acuerdo a la norma DGN-B-227-1966, se tienen - los siguientes grados de calidad de silicomangane - so:

Si Mn/15/67
Si Mn/18/67
Si Mn/20/67

Su composición química es:

	Si Mn/15/67	Si Mn/18/67	Si Mn/20/67
manganeso %	65 - 68	65 - 68	65 - 68
silicio %	12.5 - 16	16 - 18.5	18.5 - 21
carbóno máx.	3.0	2.0	1.5
fósforo máx.	0.20	0.20	0.20
azufre máx.	0.04	0.04	0.04

2.10.17. Tióxido de Molibdeno. Es el agente adicional cuyo rango en contenido de molibdeno va de 55- a 64%. Se usa principalmente en la fabricación de aceros aleados, de fundición y de ferromolibdeno.

Según la norma DGN-B-92-1974. Su composición química es:

molibdeno %	55 a 64
cobre máx.	0.25
fósforo máx.	0.10
azufre máx.	0.25
carbóno máx.	huellas
humedad	1.0 %

2.10.18. Otras ferroaleaciones menos comunes, usadas en la Industria Siderúrgica son:

2.10.18.1. Ferrosilicio-zirconio con aproximadamente 12 - 15% de zirconio y 39 - 43% de silicio.

2.10.18.2. Ferrozirconio, con aproximadamente:

zirconio %	Zr	35 - 45
silicio %	Si	47 - 52

2.10.18.3. Ferroníquel-magnesio. Con aproximadamente
magnesio Mg 20 - 25 %

Se utilizan como aleaciones o como desoxidantes y depuradores de los aceros y hierros. La última se emplea mucho hoy día, para introducir magnesio en los hierros colados "dúctiles" o "nodulares".

2.11. FUNDENTES.

2.11.0. Generalidades. Fundente es el material presente o agregado a un producto que, en pequeñas cantidades, disminuye la temperatura de formación de la fase líquida. Una acción secundaria que puede ser de primer orden para su uso, es que puede también servir como agente reductor para desoxidar o descomponer impurezas y retirarlas en forma de escoria o gases. Al soldar un fundente puede servir para eliminar óxidos de la superficie que va a soldarse.

Como el azufre presente proviene principalmente del coque, es de mayor importancia el agregado de fundentes especiales, cuando se utiliza coque de mala calidad.

Evidentemente es preferible agregar el fundente en el horno, ya que es ahí donde la fundición está en máximo contacto con el coque y donde está más afectada por las impurezas que contiene el mismo.

2.11.1. Aluminio. Es el metal que se obtiene de la bauxita (Al_2O_3). Se utiliza como fundente en la industria de la fundición, también es un buen desoxidante y por su baja conductividad eléctrica se usa también como aislante.

Composición química.

Riqueza en aluminio: 99 - 99.5 %
 Forma: Granalla, tabletas o lingotillos.

2.11.2. Cal. Se le da este nombre al óxido de calcio que se obtiene a partir del carbonato de calcio ($CaCO_3$) que aparece en abundancia en la naturaleza, en la piedra caliza, en el mármol, el coral y las conchas.

Composición Química.

Oxido de calcio	CaO	98.19 %
Silicio	Si	0.43 %
Hierro	Fe	0.45 %
Oxido de aluminio	Al_2O_3	
Oxido de magnesio	MgO	0.52 %

Peso específico	3.2
Punto de fusión	2 537 C

2.11.3. Espato Flúor. Se conoce como espato flúor o fluorita, al mineral granular, cristalino o macizo de composición CaF_2 , usado como fundente en la manufactura del acero. Es considerado como mejor fundente que la piedra caliza, pues hace una esco-

ria fluída y en parte libera al hierro de azufre y fósforo.

Composición Química.

Fluoruro de calcio	CaF_2	85.0 % mín.
Oxido de silicio	SiO_2	5.0 % máx.

Solubilidad: Insoluble en el agua. Ligeramente soluble en ácidos concentrados.

Propiedades Físicas:

Peso específico:	3.18
Temperatura de fusión:	893 C
Dureza:	4.0

2.11.4. Piedra caliza. Se conoce como piedra caliza, a una gran variedad de rocas de calcita que son conocidas también con el nombre de piedra fundente o dolomita.

Se utiliza como un fundente básico, para que la sílice y la alúmina no se unan con los óxidos de hierro formando silicatos dobles que significaría una fuerte pérdida de hierro; el fundente retira también el azufre y el fósforo. Se utiliza en el alto horno donde se convierte primero en cal (CaO), que es más efectiva que la piedra caliza pero es más costosa.

Composición Química:

Oxido de calcio	CaO	52 %
Sílice	SiO ₂	2 %

A la temperatura de 826 C la piedra caliza se convierte en cal; y a 1426 C comienza a fundirse con la sílice para formar la escoria.

2.12. PINTURAS REFRACTARIAS.

2.12.0. Generalidades. Pintura refractaria es el material que se emplea como recubrimiento del interior de los moldes y que se utiliza para mejorar la apariencia superficial de la pieza. Este material debe ser sumamente refractario o por lo menos más refractario que la arena del molde.

Generalmente a las pinturas refractarias se les da una base, base alcohol o base agua, según sea el caso, se disuelven en alcohol o agua al momento de utilizarse. Para saber cual base conviene emplearse deben tener en cuenta los siguientes factores:

Costo.- A simple vista parecería que usar base agua es mucho más económico, pero hay procesos en que es recomendable un secado rápido y el uso de alcohol agiliza la producción por lo que es más aceptable económicamente.

Humedad.- El uso de base agua hace que aumente la humedad del molde lo que ocasiona en las piezas defectos, tales como, grietas en caliente, microporosidades, colas de ratón, erosión, desmoldeo difícil, etc. En los casos en que la humedad no afecta el proceso se recomienda la base agua por razones económicas.

Las pinturas refractarias se clasifican básicamente en: pinturas refractarias de grafito, pinturas refractarias de sílice, pinturas refractarias de zirconio.

La selección de cada pintura dependerá del factor-

económico, del tipo de arena que se vaya a utilizar y del material o metal que será fundido. El metal puede ser acero, hierro, hierro maleable y nodular, aleaciones no ferrosas; el sistema de moldeo puede ser de arena en verde, arena en seco, - arena con silicatos, corazones de aceite y arenas con resinas. Comercialmente se mezclan con cromita, olivina, magnesita, etc., para tener un producto más sofisticado.

2.12.1. Pinturas refractarias de grafito. El grafito que se utiliza para estas pinturas es una variedad natural del carbón elemental que tiene un color negro grisáceo, tiene un tinte metálico y bajo peso específico.

Composición Química.

Carbón	80.5 %
cenizas	19.5 %

Propiedades Físicas:

peso específico	2.55
índice de finura	- 200 mallas
	Infusible
sublima a:	3 600 C

El grafito se utiliza principalmente para electrodos, crisoles, lápices. Pulverizado se emplea como pintura refractaria cuando no es muy importante - una magnífica apariencia superficial. Se utiliza - mucho en la industria por su costo relativamente - bajo. Las pinturas comerciales utilizan, además - del grafito, bentonita, residuo sulfítico y carbonato de sodio.

2.12.2. Pinturas refractarias de sílice. Estas pinturas se fabrican con harinas de sílice, comercialmente se agregan otros minerales como olivina o - magnesita que da ciertas propiedades, las harinas de sílice son sílice molida hasta quedar sus granos con un índice de finura de - 200 mallas.

Composición Química.

Oxido de silicio	SiO_2	98.5 %
Oxido de magnesio	MgO	0.1 a 0.2 %

Propiedades Físicas.

porosidad aparente	-
densidad	1.72 - 1.89 g/cm ³
forma de grano	angular, subangular, redonda
Humedad	0.3 %.

Se utiliza cuando es mas importante la apariencia superficial de las piezas, se prefiere utilizar pinturas de sílice por su bajo costo comparado con las pinturas de zirconio, comercialmente se agregan otros componentes para hacer un producto mas atractivo.

2.12.3. Pinturas refractarias de zirconio. Para fabricar estas pinturas se utiliza principalmente harinas de zirconio, esto es, mineral de zirconio, como el silicato de zirconio ZrSiO_4 , óxido de zirconio ZrO_2 molido hasta que los granos sean de un índice de finura de - 200 mallas.

Propiedades Físicas.

Dureza:	Muy duro y frágil a temperaturas ordinarias. Dúctil y maleable a temperaturas elevadas.
Forma de granos:	subangular.
Humedad:	0.20 %.
Punto de fusión:	2 020 C
Índice de finura:	- 200 mallas.

Composición Química.

óxido de zirconio	ZrO_2	75 % mín.
óxido de titanio	TiO_2	0.2 % máx.
óxido de fierro	Fe_2O_3	0.08 % máx.

Comercialmente se agregan otros ingredientes como fosfato trisódico, talco u otro compuesto que le dan ciertas características y que hacen una mezcla más sofisticada. Esta pintura se utiliza cuando se requiere una excelente apariencia superficial a la pieza y cuando el metal que se va a moldear es de un punto de fusión muy alto.

2.13. REFRACTARIOS.

2.13.0. Generalidades. Los materiales refractarios se definen como materiales fabricados a base de compuestos no metálicos en formas y dimensiones apropiadas para la construcción o revestimiento de hornos y recipientes que operan a altas temperaturas. Se clasifican en cinco grandes variedades que son:

Arcilla, Sílica, Alta alúmina, Básicos y aislantes; además, una serie de productos denominados especialidades refractarias, como son: concretos plásticos, apisonables, morteros y parchadores o materiales aplicables con pistola o con mano. Cada una de las divisiones de los refractarios, así como las especialidades ya mencionadas poseen propiedades físicas muy particulares; las cuales dependen a su vez de factores tales como el análisis químico, la granulometría, temperatura de quemado (si son quemados), humedad, prensado, etc.

Las propiedades físicas más importantes que se determinan a un material refractario, presentado en forma de ladrillo rectangular o en las formas determinadas standard, son:

Cono Pirométrico.- Es una medida indirecta de la temperatura de reblandecimiento de los materiales refractarios.

Peso por volumen.- Es el cociente que resulta de dividir el peso en seco (entre 105 y 110°C), de una porción de ladrillo bajo prueba, entre el volu

men aparente del mismo. Se expresa en g/cm^3 .

Módulo de ruptura a la flexión.- Es la medida en condiciones determinadas, de la resistencia mecánica de un material a la ruptura por flexión, expresada en kilogramos fuerza por cm^2 .

Resistencia a la Compresión.- Es la medida en condiciones determinadas, de la resistencia mecánica de un material a la ruptura por compresión y se expresa en Kg_f/cm^2 .

Deformación bajo carga.- Es la medida de la deformación que sufre una muestra, al sujetarse a una presión determinada, a una temperatura también determinada, la cual, desde luego se aproxima a la temperatura a la que trabajará el ladrillo cuando se instale.

Porosidad aparente.- Es la relación entre el volumen total de poros abiertos y cerrados y el volumen aparente del cuerpo. Se expresa en por ciento.

Cambio lineal permanente.- Es la variación irreversible de longitud de un ladrillo refractario, referido a la longitud original y expresado en por ciento; cuando se somete a la acción de la temperatura sin aplicación de cargas externas.

Despostillamiento térmico o desconchamiento.- Podemos definirlo como la pérdida de fragmentos de la cara expuesta de un refractario debido a grietas y roturas originadas por cambios bruscos de temperatura.

Cada una de las anteriores propiedades físicas tiene su importancia particular, en un momento dado, para ayudarnos a escoger el material adecuado, conociendo las condiciones a las que se va a sujetar, podemos usarlas como elementos de juicio para la selección.

2.13.1. Arcilla. Estos materiales se denominan también silico-aluminosos, por ser la sílice y la alúmina los constituyentes principales de ellos. Las materias primas que se utilizan en la fabricación de estos materiales son: arcillas duras, arcillas plásticas o suaves y caolines. Existen dentro de los materiales de arcilla diferentes calidades, de acuerdo con una serie de especificaciones, tanto en su análisis químico, como en sus propiedades físicas. La Dirección General de Normas reconoce dentro de estos refractarios, cuatro calidades que son las siguientes:

Calidad Superior.

Alta Calidad.

2.13.2. Sílice. Los materiales refractarios de sílice están constituídos fundamentalmente por óxido de silicio (SiO_2). El cuarzo es el mineral del que se parte para la fabricación de este tipo de materiales refractarios; el cuarzo existe en dos formas alotrópicas, tiene una forma a temperaturas inferiores a 575°C , denominada cuarzo-beta. Entre estas dos temperaturas no ocurre ningún cambio en dilatación, sino hasta que alcanzan $1\ 200^\circ\text{C}$ aproximadamente, a partir de los 870°C la forma de cuarzo-

beta ya no es estable, siendo entonces la forma estable de la sílice la tridimita desde los 1 250°C- la tridimita empieza a transformarse en cristobalita, aunque esta reacción no empieza a adquirir - - cierta velocidad hasta los 1 400°C la expansión de la transformación de la tridimita a cristobalita - puede ser de 15 a 20% en volumen. A 1 625°C la tridimita empieza a fundirse para transformarse en un vidrio de sílice; el cambio de cuarzo-alfa a cuarzo-beta es reversible, mientras que el paso de tridimita a cristobalita no lo es. De aquí podemos deducir que los refractarios de sílice soportan altas temperaturas, pero no cambios bruscos de temperatura. Su estabilidad de volumen a altas temperaturas dependerá del cocido que se le dé durante el proceso de fabricación, con el objeto de obtener - una rápida transición de tridimita a cristobalita.

Existen en el mercado dos tipos de ladrillo de sílice;

Sílica Convencional que contiene más de 0.5% de - alúmina, titanio y óxidos alcalinos.

Sílica Especial, cuyo contenido de los compuestos - antes mencionados es de 0.5% o menos.

Propiedades Físicas.

Bajo coeficiente de expansión térmica.

Alta conductividad térmica.

Buena resistencia a la abrasión.

Análisis Químico típico para un ladrillo sílica especial:

Oxido de silicio	SiO_2	96.57 %
------------------	----------------	---------

óxido de aluminio	Al_2O_3	0.2 - 0.3 %
óxido de fierro	Fe_2O_3	0.61 %
óxido de calcio	CaO	2.56 %
óxido de magnesio	MgO	0.01 %
óxido de titanio	TiO_2	0.07 %

La aplicación de este tipo de refractarios es muy diversa, se usa en plantas coquizadoras, estufas - para Alto Horno, hornos eléctricos, fosos de recalentamiento, paredes de hornos diversos, hornos de hogar abierto, etc.

2.13.3. Alta Alúmina. Estos materiales pudieran - también llamarse aluminio-silicosos, pues están - constituidos principalmente por óxidos de aluminio y silicio, pero desde luego predominando el óxido de aluminio. Los ladrillos de alúmina tienen muchas propiedades físicas y químicas que los hacen muy útiles en fundición.

Las materias primas para la fabricación de estos - refractarios son las siguientes: diásporas, bauxita, caolín bauxítico, kyanita, sillimanita, mullita natural, mullita sintética, y alúmina cristalizada. Existen en el mercado varias clases de ladrillos de alta alúmina, los más comunes son:

50 % de alúmina.

60 % de alúmina.

70 % de alúmina.

80, 85, 90, 99 % de alúmina. Aunque los usos de

estas variedades de alúmina son muy específicas.

Propiedades Físicas.

Son resistentes a temperaturas muy elevadas.

Poseen buena estabilidad de volumen a altas temperaturas.

Buena resistencia a la erosión y a la abrasión.

Buena resistencia al choque térmico.

Debido a estas propiedades los refractarios de alta alúmina se usarán en zonas donde se requiera soportar demandas térmicas y mecánicas superiores a las que pudieran resistir los refractarios de sílica y arcilla.

Análisis Químico típico de un ladrillo de 70% de Al_2O_3 :

Oxido de silicio	SiO_2	24.8	%
óxido de aluminio	Al_2O_3	70.2	%
óxido de fierro	Fe_2O_3	1.6	%
óxido de titanio	TiO_2	2.6	%
óxido de calcio	CaO	0.2	%
óxido de magnesio	MgO	0.2	%
óxidos alcalinos	Na_2O-K_2O	0.5	%

Los ladrillos de alta alúmina se aplican en altos-Hornos, Plantas de cal, hornos de recalentamiento, hornos eléctricos, (en zonas de alta temperatura, zonas de choque térmico), etc.

2.13.4.1. Refractarios de Magnesita. Ladrillo refractario que puede ser quemado o no, hecho de magnesita (MgO) en porcentajes superiores al 80 %; gracias a este alto porcentaje estos ladrillos tienen una alta refractariedad y gran resistencia a la corrosión bajo la acción de escorias básicas. Con caja metálica y ligado químicamente tiene una resistencia muy buena al disgregamiento. El ladrillo de magnesita se emplea en fondos, línea de escoria y muros.

2.13.4.2. Magnesita-Cromo. Ladrillo refractario que puede ser o no quemado, cuyo porcentaje de magnesita se encuentra comprendido entre el 55 y el 80%. Poseen buena resistencia mecánica, estabilidad de volumen a altas temperaturas y resistencia al ataque causado por escorias básicas. Con caja metálica poseen buena resistencia al disgregamiento. Se emplea generalmente en muros.

2.13.4.3. Cromo-Magnesita. Ladrillos refractarios que pueden ser quemados o no, cuyo porcentaje de magnesita se encuentra comprendido entre el 25 y el 50%. Poseen buena resistencia al ataque causado por escorias básicas y óxido de hierro. Se emplea también en muros.

2.13.4.4. Refractarios de Dolomita. Son refractarios a base de un carbonato doble de calcio y magnesio. La dolomita calcinada no es muy recomendable y sólo se deberá usar en casos de emergencia,-

ya que se deteriora fácilmente cuando se expone al medio ambiente debido a que el óxido de calcio se hidrata con la humedad del aire y se disgrega, sin embargo se puede estabilizar el óxido de calcio - con adiciones de sílice u óxido de hierro. La dolomita también se emplea para bancos y reparaciones en caliente de la línea de escoria.

Análisis Químico típico de un material básico ligado químicamente, perteneciente a la variedad Magnesita-Cromo:

Oxido de silicio	SiO_2	6.5 %
óxido de aluminio	Al_2O_3	9.0 %
óxido de fierro	Fe_2O_3	3.6 %
óxido de calcio	CaO	1.1 %
óxido de magnesio	MgO	68.0 %
óxido de cromo	Cr_2O_3	8.8 %
pérdida al fuego		3.0 %

2.13.5. Aislantes. Es un material de baja o nula - conductividad térmica que impide pérdidas de calor. Se coloca entre el refractario y las paredes del - horno; esto hace posible el uso de paredes más del - gadas con menor pérdida de calor y también una re - ducción en el espacio del piso y volumen del re - fractario y un gran ahorro de combustible pues - - existen menos pérdidas de calor.

Las materias primas de que se parte para su fabri - cación son las siguientes: diatomita, vermiculita,

perlita, arcilla refractaria, caolín y minerales - de alta alúmina.

Existen dos grandes divisiones en las cuales se - agrupan los ladrillos aislantes:

Ladrillos aislantes quemados.

Ladrillos aislantes prensados.

Desde el punto de vista de la temperatura de servi- cio, los ladrillos aislantes se clasifican en los- siguientes grupos; 85, 110, 125, 140, 150, 160, - 170, 180. Las especificaciones que se requieren pa- ra ser clasificados dentro de un grupo, se mues- -- tran en la siguiente tabla:

Grupo	Temperatura °C*	Peso por volumen máximo g/cm ³
85	850	0.55
110	1 100	0.65
125	1 250	0.75
140	1 400	0.85
150	1 500	0.95
160	1 600	1.15
170	1 700	1.35
180	1 800	1.55

* La temperatura que puede soportar cada variedad de ladrillo aislante antes de reblandecerse.

2.13.6. Mortero. Es la mezcla de materiales refrac- tarios en estado natural y calcinados, con agrega- dos de otros productos que pueden ser o no refrac- tarios, de adecuada granulometría y que posee esen

cialmente plasticidad, capacidad de endurecimiento al aire y de adherir en caliente.

Se utiliza para asentar o ligar ladrillos refractarios de composición química y mineralógica compatible con él; cuando se calcina a temperatura de uso deben ser resistentes, sólidos y a prueba de escape de gases.

Existen morteros refractarios de composición diferente: silicó-aluminosos, aluminosos, síliceos y de minerales de cromo, magnesita, cromo-magnesita, zircon, etc.

2.13.6.1. Morteros refractarios de Endurecimiento en caliente.

Son agentes ligantes, constituidos por una mezcla de materiales refractarios de adecuada granulometría, crudos o calcinados que aseguran el endurecimiento a temperaturas inferiores a la de fraguado-cerámico, pero superiores a la del ambiente.

Generalmente se componen de chamota y una arcilla-aglomerante, el mortero adquiere consistencia al vitrificar el aglomerante. Para un servicio a baja temperatura y también cuando se necesita un mortero muy fuerte, debe utilizarse una arcilla rica en fundentes; para un mortero que debe funcionar a altas temperaturas es aconsejable una arcilla refractaria o bien caolín.

2.13.6.2. Morteros Refractarios de Endurecimiento

al Aire. Son agentes ligantes constituídos por una mezcla de materiales refractarios de adecuada granulometría ya sea crudos o calcinados con agregados de agentes químicos que aseguran el endurecimiento desde la temperatura ambiente hasta la de uso. Se presenta en estados húmedo y seco; en estado seco se mezclan con agua antes de usarse. Los morteros que fraguan al aire se componen de arcilla refractaria plástica y una solución que contiene del 5 al 20% de silicato de sodio.

Para obtener un mortero que sirva para temperaturas elevadas, debe elegirse una arcilla altamente refractaria y una solución de silicato sódico que tenga una proporción baja de óxido sódico con respecto a la sílice. Para un límite inferior de temperatura de utilización debemos usar una arcilla de inferior plasticidad, de menor poder refractario y una solución de silicato sódico más rica en óxido sódico.

2.13.7. Cemento Refractario. Es el material constituido por una mezcla de materiales resistentes a altas temperaturas, tales como, arcillas plásticas, arcillas refractarias, cuarcita, minerales de cromo, magnesita, diáspora o minerales de sillimanita, cianita, bauxita, ya sea crudos o calcinados que pueden contener otros productos no refractarios y que posee esencialmente plasticidad, capacidad de endurecer al aire y adherir en caliente.

Por lo regular se componen de un agregado grueso de ladrillo pulverizado o de chamota aglomerada -

con polvo fino de chamota. Los cementos refractarios endurecen por cocción sólo en la superficie - caliente y poseen una capa más débil y más flexible en el lado más frío.

Se utiliza para fabricar moldes refractarios que se colocarán en verde en los hornos para formar paredes uniformes y para reparar y parchar el parámetro desgastado.

2.13.7.1. Cemento de arcilla refractaria. Este cemento fragua en frío si se le añade silicato de sodio a la masa; está elaborado a base de chamota de ladrillo, con 40 a 60% del total, para que sufra una pequeña contracción al secado y a la cocción y de esta forma sea más resistente a la abrasión.

2.13.7.2. Mezclas de colada. Son cementos fabricados a base de chamota de arcilla refractaria, a base de caolín o con arcillas de alto contenido de alúmina. Estos refractarios deben poseer muy buena manejabilidad y un punto de reblandecimiento cercano a la temperatura de colada del metal, para que la superficie ofrezca buena resistencia al ataque del metal y la escoria.

Se utiliza para el revestimiento de las ollas de colada y para las conducciones o zonas por las que circula el metal fundido.

2.13.7.3. Cementos Especiales. Por lo general son-

cementos a base de mineral de cromo, crudos o calcinados con un aglomerante de arcilla y algunas veces con silicato sódico.

Se utiliza en los casos en que es muy fuerte la erosión producida por la escoria al fluir.

Los cementos de carburo de silicio se utilizan -- cuando se requiere una alta transferencia de calor y una alta resistencia a la escoria.

III. CONCLUSIONES.

Como dijimos al principio, nuestro propósito era-- hacer una recopilación de las principales materias primas, sin extendernos demasiado en cada una de - ellas. En algunos casos no fué posible hacerlo así, pues teníamos tanta información que juzgamos conve niente no omitir datos muy importantes. En otras, - sin embargo, fué casi imposible obtener alguna in- formación útil; ya que ésta es manejada a nivel de secreto industrial.

En este trabajo hemos llegado a la conclusión de - que es de gran utilidad conocer de que están formada das las materias primas y cómo actúan al someter-- las a ciertos procedimientos, pues conociendo la - composición de los materiales se puede proyectar - como seleccionarlos o combinarlos para su mejor - funcionamiento y fines deseados; ya que, con cier- ta frecuencia la calidad del acero o del metal pro cesado depende básicamente de las características- de las materias primas utilizadas.

Es importante señalar que algunas materias primas- usadas en la industria siderúrgica como son: esco- riadores, refractarios, pinturas, etc., son simple mente mezclas de varios componentes sin que inter- venga para esto, ninguna reacción química, y que - su efectividad depende sólo de los porcentajes de- cada componente.

Esperamos, en alguna forma haber cumplido con nuestro objetivo, y confiamos que este trabajo propor- cione: información útil que sirva para facilitar -

la obtención de datos necesarios de las materias -
primas que mas frecuentemente se emplean en side--
rurgia.

IV. BIBLIOGRAFIA.

The making, shaping and treating of steel.

United States Steel - (USS)

Tratado de Mineralogía

Edward S. Dana
William E. Ford
(S.E.C.S.A.)

Tratado de Química Inorgánica.

Modesto Bargalló
(EDITORIAL PORRUA, - - S. A.)

Elementos de Aleación - en el acero y fundición.

Gesellschaft für Electrometallurgie, m.b. - H. Düsseldorf.

Applied Science in the-Casting of Metals.

Edited by: K. Strauss.

Desulfuración.

Curso Panamericano de-Metalurgia.

Sands for Foundry.

American Foundrymen Society. 1973.

Desoxidación de acero - líquido via proceso básico al oxígeno L. D.

Tesis Profesional 1975
Juan José Valencia Escobar.

Las Ferroaleaciones en-México.

Tesis Profesional 1976
Santiago Oseguera Andrade.

Aplicación de SiC en -
Fundiciones de Hierro.-
Utilizando Hornos de In-
ducción sin núcleo.

Refractories.

Aglutinantes Resinosos-
para fundición.

Normas de Calidad.

I N B A C E R O

Organo de difusión de -
la asociación nacional-
de transformadores de -
insumos básicos para la
Industria Siderúrgica y
Fundición, A. C.

Foundry Practice.

Literatura Comercial.

Literatura Comercial.

Refractarios.

Tesis Profesional 1976
Victor M. Anaya Agui--
lar.

F. H. Norton
Mc.Graw-Hill Book Com-
pany.

Frank W. Less.

Dirección General de -
Normas.

Mayo 1977
Agosto-Septiembre 1977
Noviembre-Diciembre -
1977

No. 190 June 1974
Published by:
Foseco International -
Limited.

Foseco S. A. de C. V.

Vulcano, S. A.

A. P. Green.



TESIS "CLASICAS"

PASEO DE LAS FACULTADES 32-D
FRACC. COPILCO UNIVERSIDAD
CIUDAD UNIVERSITARIA 20. D. F.