

mas especiales a mano se secan apropiadamente y se queman en hornos continuos, a menudo de túnel. La temperatura de quemado debe ser suficiente para convertir el cuarzo en Tridimita y Cristobalita, que son las formas cristalográficas estables a temperaturas elevadas, la primera a 1,470°C y la segunda a temperaturas superiores. Se consideran dos variedades: La Convencional o Normal, con más de 0.5% de alúmina, titanio y óxidos alcalinos y el Silica Especial, con menos de 0.5% de los mismos. Para el Silica especial, el cono pirométrico varía de 31 a 32 (1,680-1,700°C), el p.e. de 2.32 a 2.38 y la porosidad de 20 a 24. Para el convencional, el cono pirométrico varía de 27 a 29 (1,635-1,665°C), el p.e. 2.30 a 2.36 y la porosidad de 22 a 28. Soportan grandes cargas a temperaturas elevadas, pero tienen alta expansión térmica, por lo cual se colocan en los hornos con amplias separaciones. Sufren gran despostillamiento térmico, pero por lo que no sirven para trabajos intermitentes, a menos que se usen a temperaturas menores de 650°C. Son resistentes a la acción de humos y polvos básicos, por lo que se emplean mucho para bóvedas de hornos de hogar abierto y eléctricos.

REFRACTARIOS BASICOS.- Se comprenden con este nombre, productos en los cuales predominan el Oxido de magnesio de quemado muerto, la Dolomita, también de quemado muerto, el Oxido de cromo ó la Forsterita. Según su composición, pueden denominarse como sigue: De Periclasa, De Magnesita, De Cromita, De Cromo-Magnesita, De Magnesita-Cromita y de Forsterita. De acuerdo con la forma de obtención, se consideran tres tipos: Los Materiales Quemados, los Químicamente cementados o Aglutinados y los Ladrillos Encasquillados.

MATERIAS PRIMAS.- MAGNESITA.- Oxido de Magnesio de quemado muerto, debe su nombre a que se obtenía de la magnesita natural o carbonato de magnesio, aunque actualmente es producida en gran cantidad del Hidróxido de magnesio del agua de mar y del mineral natural llamado Brucita (Hidróxido de Magnesio cristalizado). Estos materiales, sometidos a temperaturas de 1,400°C-2,000°C, se transforman en cristales de un mineral llamado "Periclasa", que es la forma cristalina de la magnesia. Sus minerales son escasos, por lo que es un material caro, que solo se usa cuando es necesario. Tiene una densidad de 3.40 - 3.60 y una porosidad de 14 a 24, según las impurezas y la temperatura de quemado.*

CROMITA.- Oxido de cromo y fierro, con 68% del primero cuando está pura y en su forma comercial con 50% o menos. Sus minerales contienen de 14 a 20% de MgO, de 12 a 20% de FeO y de 31 a 45% de Cr₂O₃. Es un material de color obscuro, casi negro, con puntos brillantes y muy pesado (3.8 a 4.10), con un punto de fusión mayor de 1,930°C.

DOLOMITA DE QUEMADO MUERTO.- Proviene de la calcinación a 1,650°C de la Dolomita o carbonato doble de calcio y magnesio, con adición de 4 a 12% de óxido de fierro, puede emplearse mezclada con magnesita para formas especiales, pero comunmente se emplea en forma suelta o mezclada con alquitrán u otro aglutinante para parchar los hornos de hogar abierto.

FORSTERITA.- Producto fabricado por quemado del mineral llamado Olivino y Magnesia de quemado muerto. Es un silicato de magnesio (2MgO.SiO₂), de p.e.- 3.30 a 3.40, de gran estabilidad de volumen y resistencia a temperaturas elevadas. Su punto de fusión es de 1,900°C cuando pura.

OBTENCION.- Las formas quemadas se obtienen mezclando con agua materiales de granulación adecuada, con adición de una pequeña cantidad de dextrina, moldeando la mezcla en prensas a una alta presión, secando en secadores de túnel y quemando a elevada temperatura. Para las formas químicamente cementadas se añade una pequeña cantidad de Oxido de Cromo y aglutinantes tales como: Cementos de Oxicloruro (Pág. 138), cloruro de Magnesio o alquitrán, omitiendo el quemado. También pueden emplearse algunos aglomerantes orgánicos y resinas sintéticas. Los encasquillados pueden hacerse de Magnesita quemada o sin quemar, encerrándolos en cubiertas de lámina de acero suave, por tres o cuatro de sus lados. Al ponerse en servicio la lámina se funde, combinándose con el óxido de Magnesio y formando una ligazón estrecha, que es prácticamente de estructura monolítica. Se aplica de preferencia a materiales de Magnesita-Cromita.

PROPIEDADES Y USOS.- En general son resistentes al ataque químico de las escorias básicas y de los óxidos. Tienen un punto de fusión extremadamente alto (1,835°C), así como alta expansión y conductividad térmica, esta última especialmente cuando predomina la Magnesita, aumentándose con la cubierta metálica en los ladrillos encasquillados. Los de Magnesita pura son materiales de color café, oscureciéndose al mezclarlos con Cromita y adquiriendo gran estabilidad de volumen a alta temperatura y la propiedad de resistir cargas en caliente, que no tiene la magnesita pura. Si predomina la Cromita (Cromo-Magnesita), se obtienen productos de quemado más duro y de mayor resistencia mecánica y capacidad de carga. Los de Cromita pura (p.e. 3.80 a 4.10), pueden usarse como un material neutro. Los químicamente ligados tienen mayor resistencia a la desintegración o agrietamiento que los quemados, pero son de menor resistencia mecánica y capacidad de carga.

REFRACTARIOS DE ALTA ALUMINA.- Materiales conteniendo más de 45% de Alúmina. Los más comunes contienen de 45 a 70 %, en clases de 45, 50, 60 y 70 %. Los de 71.8% se llaman de Mullita o Silicato de Aluminio (3Al₂O₃.2SiO₂). Los de 80, 85 y 90% se obtienen con mezclas de Mullita y Corindón. La variación permisible en el contenido de alúmina es de más o menos 2½%. Los de más de 99% de Al₂O₃, son los de Corindón.

OBTENCION.- Se fabrican a partir de minerales de alta alúmina, tales como: Bauxita (óxido aluminico-férrico), Corindón, (óxido de Aluminio cristalizado, muy puro), Diasporo (óxido de aluminio hidratado (Al₂O₃.H₂O)), Arcillas Diasporo (Arcillas Refractarias con nódulos de Diasporo), Cianita y Sillimanita (silicatos de aluminio) y el Caolín bauxítico. Generalmente, estos minerales se mezclan en proporciones variables, entre sí y con arcillas plásticas o duras, o bien con Mullita sintética, obtenida por fusión de mezclas de alúmina y sílice. En algunos casos se les añade alúmina calcinada o fundida, sobre todo a las mezclas de más alta alúmina, para darles ciertas propiedades. El Diasporo y la Bauxita tienen un alto encojimiento, por lo cual deben someterse a una calcinación previa, antes de usarse. Las mezclas obtenidas se batan con agua y se moldean a presión, secando los productos y quemándolos a temperaturas variables con la proporción de alúmina.

PROPIEDADES Y USOS.- Tienen alta refractabilidad, aumentando -

con el porcentaje de alúmina. Presentan puntos de fusión desde cono 36 hasta cono 42 (1,800°C á 2,015°C). Resisten a la desintegración térmica y a la acción de escorias no-férreas, así como a la abrasión, al impacto y a la deformación bajo carga. Se consideran como materiales neutros, pero son atacados por escorias ácidas y por escorias fuertemente básicas, es decir, que tienen comportamiento anfótero. Sin embargo, resisten bien a la mayor parte de las escorias básicas. Su peso específico varía con el por ciento de alúmina, de 2.75 (50%) á 3.45 (90%). Los de menos de 80% de Al₂O₃, son de baja expansión térmica que aumenta con el porcentaje y alta resistencia mecánica. Los de Mullita, tienen cono 38 (1,850°C), gran estabilidad de volumen y gran resistencia a la corrosión a altas temperaturas, siendo superiores en propiedades a los de la clase 70 (70% de Al₂O₃). Los de Corindón, tienen cono 42 (2,015°C), excepcional estabilidad de volumen a altas temperaturas y resistencia a la corrosión de escorias básicas.

Se emplean en general para hornos operados a altas temperaturas, en la obtención de aceros (Bóvedas de hornos eléctricos), cementos, vidrio, etc. y en partes especialmente vulnerables de los hornos.

REFRACTARIOS ESPECIALES.- Son productos de menor importancia, sobre todo por su elevado costo, por lo que están poco difundidos, empleándose sólo para aplicaciones especiales. Entre las materias primas utilizadas pueden considerarse un gran número de óxidos metálicos: El de Torio ó Toria, de punto de fusión arriba de 2,800°C el de Zirconia o Zircona, de punto de fusión de 2,700°C y el de Berilio, que funde alrededor de 2,450°C. Otras son: El Silicato de Zirconio, que funde a 2,500°C; el Carbón, especialmente en forma de grafito, de punto de fusión por encima de 3,500°C y el Carburo de Silicio, que se disocia alrededor de los 2,240°C.

REFRACTARIOS FUNDIDOS.- Refractarios obtenidos por vaciado en moldes de materiales fundidos en los cuales predomina la alúmina, por lo que se pueden llamar también de Alúmina Fundida. Pueden contener Sílice, Zircona o Cromita. Son materiales cristalinos, densos y compactos. Se usan principalmente en los hornos de vidrio, por su resistencia a la corrosión y a la erosión del vidrio fundido, polvos y humos y por su gran estabilidad química y su impermeabilidad.

REFRACTARIOS DE ZIRCONA.- La Zircona se halla en la naturaleza en varias formas, principalmente como Zirconita, Zircón o Silicato de Zirconio (ZrSiO₄). Para su empleo se reduce con coque a alta temperatura, en presencia de virutas de hierro, para eliminar la sílice en forma de ferrosilicato. Se estabiliza con óxidos de Calcio (5%), Itrio, Escandio o Magnesio, tratando la mezcla por 40 hrs, en hornos eléctricos especiales, se deja enfriar, se tritura y se separa magnéticamente el fierro sobrante. El óxido de Zircona obtenido o Zircona se transforma por moldeo en productos comerciales, ya sea por prensado en prensas de impacto, por vaciado o por apisonado con remo de aire. Resiste temperaturas muy elevadas (2,400°C). Tiene conductividad térmica baja y sin embargo a temperaturas elevadas se transforma en un buen conductor. Su gran densidad (4.38) y su baja porosidad (15-30), le permiten resistir la penetración de los vidrios fundidos y escorias. Se emplea para fondos de tanques para vidrio y partes de los hornos, hornos para silicato de sodio y metafosfatos, boquillas, accesorios para hor-

nos eléctricos, etc.

REFRACTARIOS DE CARBURO DE SILICIO.- Se fabrican sinterizando en el horno eléctrico una mezcla de arena sílice y coque, a temperaturas de 1,780 á 2,200°C., con agentes adhesivos. Dan productos oscuros, muy duros, resistentes y densos (3.17) con 18 á 23% de porosidad. Son de excepcional conductividad térmica, de gran absorción del calor y emisividad, y de baja expansión. Son resistentes a la abrasión a altas temperaturas y a los cambios bruscos de temperatura. Son de carácter neutro, por lo cual resisten bien el ataque de las escorias ácidas y básicas. Se emplean para muflas, crisoles, retortas, accesorios para hornos, para piezas resistentes a la abrasión y para manejo de ácidos en caliente.

MORTEROS Y MATERIALES PARA REVESTIMIENTOS MONOLITICOS.

A.- MORTEROS.- Mezclas apropiadas de refractarios finamente molidos, empleadas para colocar en obra las formas compactas ó para sellar las paredes de los hornos y evitar la penetración de la escoria. Pueden ser de dos tipos, según su aplicación: a.- De Endurecimiento al calor y b.- De Endurecimiento al aire. Practicamente cada tipo de material refractario tiene un mortero de composición y propiedades semejantes, sin embargo, algunos morteros pueden servir para otros refractarios, siempre que tengan expansión y contracción semejantes, algunos pueden reaccionar superficialmente con el material para formar una fuerte ligazón cerámica.

a.- **MORTEROS QUE SE ENDURECEN POR EL CALOR.**- Consisten de materiales finamente molidos ó de refractarios calcinados, ya sea solos ó mezclados entre sí. Se caracterizan porque forman una fuerte unión cerámica a temperaturas de 990°C á 1,370°C, según su composición. Se suministran en forma seca y para usarlos se mezclan con suficiente cantidad de agua para dar la consistencia deseada. Suministran flexibilidad para la contracción y expansión de los ladrillos y para compensar la elevada expansión térmica de ciertos tipos (Silica). Se aplican cuando se requieren uniones con un mínimo de encogimiento y que no es necesario que sean muy fuertes, también se aplican para grandes fluctuaciones de temperatura.

b.- **MORTEROS DE ENDURECIMIENTO AL AIRE.**- Mezclas semejantes a las anteriores, pero a las cuales se han añadido aglomerantes químicos, tales como silicato de sodio para los de arcilla, dextrina para los básicos, etc. Algunos se venden en forma de pasta, listos para usarse y otros en forma seca, a los cuales debe añadirse agua y mezclarlos antes de usarlos. Al secarse se endurecen y desarrollan una fuerte ligazón, lo cual los diferencia de los anteriores. Son recomendables para aquellos usos en que se requiere una fuerte unión para amplios grados de temperaturas y para condiciones severas.

B.- MATERIALES PARA REVESTIMIENTOS MONOLITICOS.- Son mezclas especiales de materiales refractarios en forma de gránulos secos ó de pastas plásticas, apropiadas para facilitar las reparaciones rápidas de los hornos, ya sea en frío o en caliente ó para formar una masa sin juntas (revestimiento monolítico) sobre una área o volumen determinado. Pueden tener un amplio grado de variación en composición y propiedades físicas y químicas. Sustituyen en ciertas a

plicaciones a los refractarios compactos, con mejoramiento en las propiedades, ya que producen mejor aislamiento, más compacidad y mejor resistencia a la desintegración y al choque térmico. Pueden suministrarse como: Refractarios plásticos, Materiales apisonables Mezclas para pistolas de aire y Refractarios Vaciables. Las formas secas contienen sustancias que desarrollan poder adhesivo al mezclarse con agua antes de usarlas, mientras que las plásticas pueden aplicarse directamente tal como vienen, desarrollando una ligazón cerámica a altas temperaturas.

PLASTICOS REFRACTARIOS.- Mezclas de materiales calcinados quebrados y arcillas plásticas en forma de pasta, con 6-10% de agua. Se colocan en obra por medio de un pisón de madera o un remo de aire. Se emplean varios grados que corresponden a los diversos tipos de refractarios comunes, materiales de alta alúmina, solos o con grafito, y aún materiales básicos, en formas de endurecimiento en caliente o al aire. Son apropiados para reparaciones de emergencia y para revestimientos monolíticos de los hornos de recocido y de forja, para calderas, estufas, cámaras de regeneración, quemadores etc.

MATERIALES APISONABLES.- Mezclas de varias composiciones que incluyen casi todos los tipos de refractarios, cuidadosamente graduadas en partículas de diferentes tamaños, con materiales añadidos para hacerlas manejables y suministrar adhesividad. La mayor parte se proporcionan secas, pero algunas vienen en forma de pasta con 4 % de agua. Se colocan en obra en la misma forma que las anteriores. Las mezclas a base de Cromita, se emplean para condiciones severas de erosión, en paredes de hogares, puertas, calderas, etc. Las Silíceas, se usan para parchar los hornos. Las de Carburo de silicio, para alta transferencia de calor y resistencia a la escoria. Las básicas, para fondos de los crisoles de los hornos y aún crisoles completos. Las de Zircón, para manejo de vidrio fundido.

MEZCLAS PARA PISTOLAS DE AIRE.- Son de tipo semejante a las anteriores, pero de granulación más fina, apropiada para ser lanzadas a alta velocidad y presión por medio de pistolas de aire y formar un revestimiento monolítico denso y uniforme. Pueden ser de fraguado al aire, hidráulico o en caliente, de Sílice, para hornos de cubilote, de Arcillas refractarias, de Alta Alúmina, de Magnesita y de Cromita.

REFRACTARIOS VACIABLES.- Mezclas de partículas granulares y polvo, con sustancias de fraguado hidráulico. Se venden en forma seca y se aplican de la misma manera que el concreto, por lo que se les llama también Concretos Refractarios, es decir, por vaciado. Para bóvedas, paredes, puertas, crisoles y obtención de formas complicadas. La mayoría tienen una base de Arcilla refractaria, Cromita, Cromo-Magnesita o Alta Alúmina. Muestran poco encogimiento y bajo coeficiente de expansión térmica y resisten a la desintegración y a la abrasión. No deben emplearse para espesores menores de 40 mm. A veces se mezclan con algo de óxido de cromo o de hierro, para hacerlos resistentes a la escoria en reparaciones en caliente.

La clasificación anterior indica la forma más común en que las mezclas son utilizadas, pero no excluye la posibilidad de usar otros métodos, lo cual es frecuente. También muchos Materiales granulares pueden aplicarse en seco para reparación de los crisoles de los hornos, etc., sobre todo en la industria del hierro y el acero.

C A P I T U L O XII

MATERIALES CEMENTANTES.

GENERALIDADES.- (Ciertos materiales tienen la propiedad de endurecerse y convertirse en un sólido más o menos compacto, adhiriéndose fuertemente a las superficies pétreas con las cuales se ponen en contacto, generalmente por intermedio del agua (fraguado) y otros por polimerización. Tales sustancias se conocen con el nombre de "Materiales Cementantes" y tienen gran importancia para la unión de materiales pétreos naturales o artificiales, para fabricación de partes moldeadas o en construcción general.)

CLASIFICACION.- Según su constitución se dividen en: Orgánicos e Inorgánicos. Los primeros comprenden únicamente los Materiales Bituminosos, que se endurecen por polimerización. Los segundos, según la transformación experimentada durante el endurecimiento, se pueden clasificar en: Simples y Complejos. Simples son aquellos producidos por la acción del calor sobre ciertas materias primas, con el desprendimiento de un gas o líquido que se reabsorbe al fraguar; comprenden los Yesos y los Materiales de Cal y Magnesia. Los Complejos, por el contrario, forman en el fraguado materiales diferentes de los iniciales, dando en presencia del agua una serie de reacciones químicas, acompañadas de fenómenos de cristalización en el seno de la masa (Fraguado), por lo cual se les llama también Cementos Hidráulicos.

En este capítulo se estudiarán únicamente los dos primeros, es decir: Materiales Bituminosos (I) y los Materiales Simples (II). Los Cementos Hidráulicos (III) se tratarán en un segundo capítulo, se incluye además un tercer capítulo con el nombre de Morteros y Concretos.

I.- MATERIALES BITUMINOSOS.

GENERALIDADES.- Son materiales derivados de la destilación de ciertos petróleos (asfálticos) o de carbones bituminosos y madera (alquitranes). Están formados por hidrocarburos de elevado peso molecular, junto con materiales resinosos y aceitosos que actúan como solventes; contienen además impurezas minerales y orgánicas, carbón, etc. Deben sus propiedades a un compuesto soluble en sulfuro de carbono conocido con el nombre de "Bitúmen o Betún".

DIVISION.- Comprende dos tipos: Alquitranes y Asfaltos.

A.- ALQUITRANES.- Productos resultantes de la destilación seca de carbones bituminosos (2-4%), sobre todo de la hulla, en la obtención del coque. También se obtienen en la producción del gas de agua y gas del alumbrado.

Sus propiedades varían según su origen, pero en general son líquidos viscosos, densos (p.e. 1-13), de color oscuro, casi negro, por la presencia de partículas de carbón en suspensión. Presentan olor penetrante característico, sabor amargo, reacción alcalina y contienen gran número de sustancias de aplicación industrial, por lo