

encogimiento y aumentando su densidad hasta 4.0. Se fabrican productos con 50,60,70 y 80 % de alúmina. Resistencia a la desintegración - - térmica y a la acción química de escorias no ferrosas, así como a la vitrificación o deformación bajo carga. Su punto de fusión varía con el contenido de alúmina, desde como 31 a como 37 o sea de 1,680 a 1,700°C. Se usan en hornos operados a alta temperatura para cemento, vidrio, etc.

REFRACTARIOS DE ALUMINA FUNDIDA.- Junto con los refractarios de Mullita y los de Carburo de Silicio reciben a veces el nombre de Super refractarios, por su extraordinaria resistencia a las temperaturas elevadas. Coinciden en muchas de sus propiedades y se suministran en forma semejante.]

Los de alúmina fundida se obtienen vaciando en moldes adecuados óxido de aluminio fundido en el horno eléctrico a una temperatura de 2,000 a 2,100°C. Pueden ser de dos Tipos: a. - Porosos, con gran número de huecos que les dan una gran ligereza, $e=1.3$ (85 lbs/pie³). Presentan poca conductividad térmica (son los menos conductores), por lo que se emplean a menudo como aislantes, presentan gran resistencia a cargas en caliente, con contracción casi nula. Son resistentes a la acción química. b.- Cristalinos.- Los cristales que se desarrollan por enfriamiento se aproximan al diamante en dureza, son densos, poco permeables para los gases y líquidos, de poca conductividad y baja resistencia. Cuando son puros presentan una elevada resistencia a la corrosión y a la abrasión, cargas en caliente, etc., reteniendo su rigidez y forma, aún a elevada temperatura (mas de 1800°C).

La principal desventaja de estos refractarios es su elevado costo, que es de 2 a 20 veces mayor que los refractarios comunes, en formas normales y un poco menos en formas especiales, sin embargo, en la mayoría de los casos el gasto inicial queda compensado por su mayor duración. Se aplican para recubrimiento en los que se requiere alta resistencia a la abrasión y no hay peligro de choque en caliente, porque entonces se sustituyen por los de carburo de silicio. Son esenciales para procesos donde la sílice o el óxido de hierro reaccionan con el Hidrógeno a elevada temperatura. A veces se añaden óxido crómico o algo de óxido férrico para resistir al vidrio fundido. Se emplean para hornos de vidrios especiales (ópticos), loza refractaria, etc, y en recubrimientos de conductos de gases calientes, por ejemplo del alto horno, para rieles de deslizamiento de los hornos de recalentamiento, etc.

REFRACTARIOS DE MULLITA.- La Mullita artificial es un silicato de aluminio muy puro, sin exceso de Sílice, fabricados fundiendo en el horno eléctrico mezclas de gran pureza y en proporciones exactas de arena Sílice y alúmina. Algunos se obtienen de Sillimanita natural, pero son menos refractarios. Son los mas resistentes a la temperatura de los productos de alúmina, resistiendo bien al rompimiento. Son duros, densos, químicamente estables y resistentes al choque en caliente. Su punto de fusión varía de 1,850 a 1,865°C (cono 38-39). Tienen buenas propiedades aislantes y bajo coeficiente de expansión térmica. Tienen baja permeabilidad, con un 20 a 27 % de poros. Densidad, 2.4. Cuando no contienen sílice en exceso pueden usarse para resistir condiciones básicas. Se emplean para hornos de vidrio en general cuando se requiere estabilidad a las altas temperaturas. No se usan en secciones menores de 3" o para formas intrincadas. Se emplean en equipo para producir aluminio, coke, cobre zinc, magnesio, hidrocarburos y loza esmaltada.

REFRACTARIOS DE CARBURO DE SILICIO.- Se fabrican sinterizando

en el horno eléctrico una mezcla de arena sílice y coke, a una temperatura de 1,780 a 2,200°C. Con agentes adhesivos apropiados dan productos que pueden emplearse como refractarios o como abrasivos. Son productos oscuros, muy duros y densos, $e=2.5$, 10 a 15% de porosidad, de gran conductividad térmica, gran absorción de calor y emisividad, siendo superiores en este sentido a muchos metales. Por su gran conductividad son los materiales super refractarios mas resistentes al deterioro por abrasión a las altas temperaturas o cambios bruscos de temperatura. En contraposición con la mayor parte de los refractarios, que se emplean como aislantes, tienen cierta conductividad térmica que les permite su empleo para hornos eléctricos de alta temperatura. También se emplean en casos en que se requiera disipar o dejar pasar calor, por ejemplo en muflas, y en ciertos hornos. Son de carácter ácido, por lo cual resisten bien el ataque de los ácidos, escorias o fundentes ácidos y aún escorias básicas, si son convenientemente aireados, es decir, que tienen gran resistencia a la corrosión. Presentan gran resistencia a la compresión a las altas temperaturas, siendo de 21 Kgs/cm², por solo 2 de los ordinarios, a temperaturas mayores de 1,500°C. Esta propiedad les permite sustituir con ventaja a gran número de aleaciones que muestran debilitamiento aún antes de dicha temperatura, aumentando al mismo tiempo la velocidad de producción, porque permite trabajar a mayor temperatura, dando mas rendimiento, aparte de que permite el desarrollo de procesos que de otro modo serían imposibles. Tienen un sinúmero de aplicaciones, por su alta conductividad y emisividad, se emplean en cámaras regenerativas, muflas, tubos de calentamiento, hornos para productos cerámicos, tubos de calor radiante, etc. Por su resistencia a la abrasión, se emplean para rieles de deslizamiento en los hornos de recalentamiento y otros, para colectores de polvo del tipo Ciclone, para tubos de generadores, tubos de aire y gases calientes del alto horno y otros, sobre todo en el recubrimiento de Tes, Codos, etc. Por sus resistencia a la corrosión para boquillas de manejo de ácido sulfúrico, tubos sumergidos de calentamiento de líquidos corrosivos, para guías de alambre en tanques piclado, etc.

PRODUCTOS REFRACTARIOS.

LADRILLOS NO QUEMADOS.- Recientemente se han hecho de gran interés mezclas refractarias preparadas con la adición de algún aglomerante que dé a los ladrillos resistencia suficiente para ser usados sin quemado previo, para esto es necesario tener una gran proporción de material no-plástico, bien quemado y de un tamaño tal que un producto denso. Los ladrillos deben ser formados a presión elevada, para reducir el volumen lo mas posible. Se han hecho ladrillos de este tipo de Magnesita, Cromita, y arcilla refractaria. Un tipo de aglomerante muy empleado lo constituyen los cementos de Oxidloruro de Magnesio o de Cloruro de Magnesio con base de Magnesita o Cromita, ácido Fosfórico (usado en materiales de Zircona) o material aluminico. Se han sugerido otros como silicato de sodio y una sal aluminica soluble, pero ésta última tiene la desventaja de que emigra a la superficie en el secado, también algunos aglomerantes orgánicos, entre ellos las resinas sintéticas, formiato de aluminio para materiales de sílice alúmina (Rhode). Para refractarios de baja temperatura es posible emplear un cemento de alta alúmina.

Los refractarios de este tipo dan en algunos casos mejor resultado que los quemados, especialmente por su resistencia al rompi-

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
"ALFONSO REYES"
CALLE 1225, MONTEBENE, MEXICO

miento. Aparentemente resultan mas económicas que aquellos, pero en realidad son casi del mismo costo.

LADRILLOS ORDINARIOS.- Las formas normales de la serie A tienen un tamaño de 229x114x64 mm, son de forma prismática rectangular (a) Las formas medianas y chicas tienen un ancho de 89 y 57 mm. Los de la serie B tienen un grueso de 76 mm. Las demás formas normales derivan de las anteriores con sus mismas dimensiones y grosor, a veces de ancho variable. A continuación se describen las formas especiales, indicando solamente las variaciones y las dimensiones. (Véanse figura 28, en la que aparecen las formas descritas.)

b.- Dovela canto Nos. 1,2,3 y 4, con dimensiones de 64/54, 64/44, 64/25 y 64/3 (Bisel uniforme). La serie B tiene: 76/70, 76/64, 76/51 y 76/3.

c.- Dovela punta o cuñas Nos. 1,2 y 3 (cuña uniforme). Serie A: 64/48, 64/38 y 64/16. Serie B: 76/70, 76/64, 76/51 y 76/16 (4).

d.- Dovela circulo o llave. Nos. 1,2,3 y 4. Serie A: 114/102 (anchos) y 89, 76 ó 57 (ancho menor). Serie B: Los mismos cambios.

e.- Jamba Normal o Esquinas Redondeadas, 229 x 114 x 63 mm.

f.- Salmer Punta o Bisel Longitudinal, 229/171, g.- Salmer canto a Bisel lateral, 114/57; h.- Salmer Cuña o Bisel de Canto.

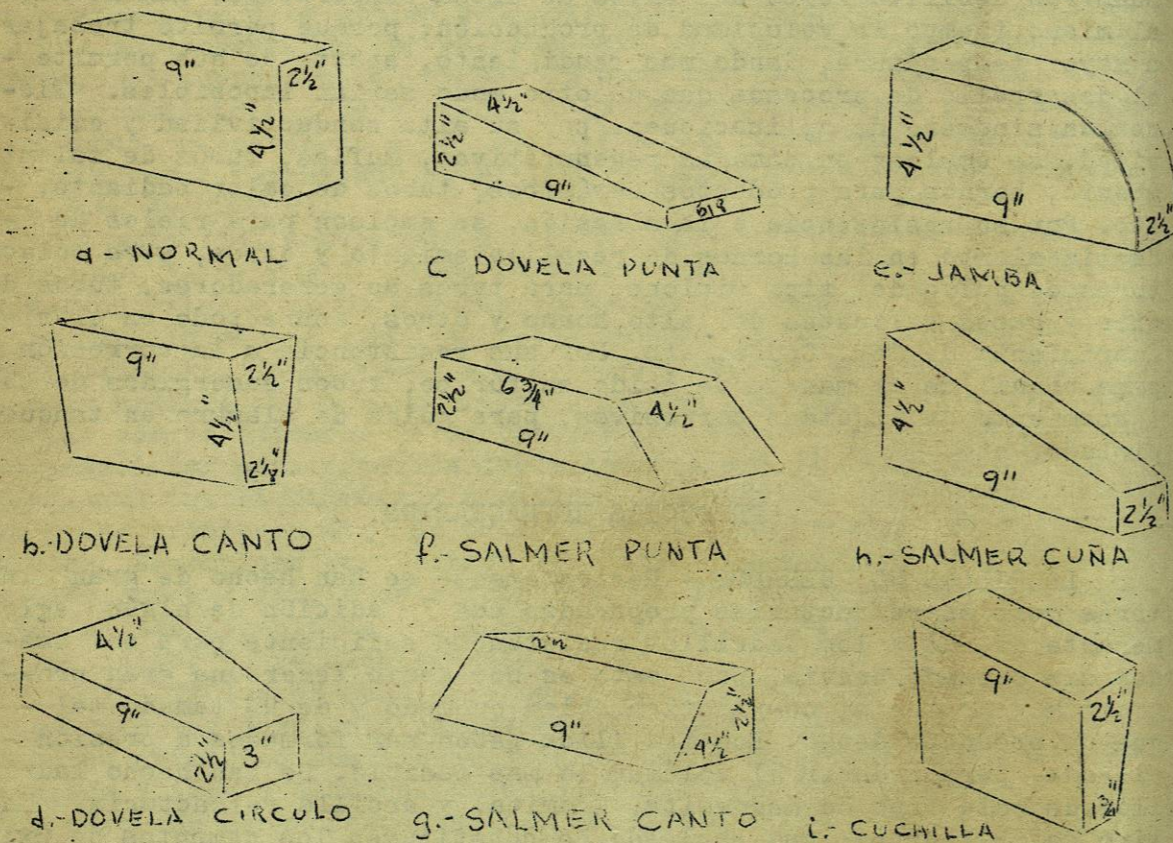


Fig. 28.- Tipos de Productos Refractarios.-

i.- Cuchilla o Arco Nos.1,2 y 3. Serie A: 63/54, 63/44, 63/25.

Las tejas rectangulares comunes se fabrican en dimensiones muy diversas, de 2,3,4,6 y 8" de grueso. Hay además otras formas como cuchilla No. 1,2,3 y 4 para arcos, ladrillos para recuperadores, la drillos y bloques circulares, placas rectangulares, bloques Cúpula del A al H, 229 X 146 X 114 X 229 á 229 X 203 X 114 X 229, son segmentos anulares para recubrimientos cilíndricos para hornos rotatorios, se fabrican de arcilla de alta alúmina o magnesita. Las for-

mas normales de ladrillos sílica son semejantes a las de los refractarios. Los de magnesita y cromita solo pueden llamarse normales en la forma simple de la serie de 229 (9"). Hay además una gran variedad de formas especiales, para aplicaciones muy diversas, algunas estandarizadas por algunos fabricantes, pero la mayoría deben ser solicitadas con tiempo, entre ellas se encuentran; Bloques para tanques de vidrio fundido o bloques flux, formas para hornos maleables, para hornos de cal, de coke, para arcos suspendidos, para calderas, para bases de quemado de productos cerámicos (cajas refractarias), muflas, retortas, crisoles, loza de vidrio refractario, generalmente hechas de mezclas de arcillas plásticas. Las muflas pueden hacerse de alúmina fundida y carburo de silicio, por su alta conductividad, también algunas pequeñas muflas se hacen de sílice fundida. Los crisoles se hacen de tamaños y materias muy diversos, los mas comunes son de arcilla, Grafito y Porcelana refractaria. Esta última se emplea para muchos materiales de laboratorio, tubos de protección de pirómetros, tubos aislantes y otros aislantes eléctricos, etc., debe ser densa, de gran resistencia y de un punto de suavización elevado, las altas en Mullita son hechas de Silimanitas O-Cianitas de gran resistencia a la temperatura elevada y cambios de temperatura. Los objetos se fabrican generalmente por el proceso de vaciado para objetos delgados, algunos se esmaltan para evitar el paso de los gases. Se obtienen de Zirconia, de Mullita, de Alúmina fundida y de Carburo de Silicio.

MORTEROS, CONCRETOS Y PLASTICOS.

GENERALIDADES.- Sirven para colocar los materiales refractarios y unirlos entre sí, al mismo tiempo que para sellar las paredes de los hornos y evitar la penetración de la escoria. Generalmente son mezclas de arcillas refractarias plásticas y un material calcinado o no, de poco encogimiento o en lugar de arcilla cualquier otro material refractario. Se suministran en diferentes formas según su aplicación. El agregado puede ser material calcinado denso o material poroso de baja densidad, como la tierra Diatomácea, la vermiculita, la sílice gel, etc.

1.- **MORTEROS.**- Pueden ser de dos tipos: a.- De endurecimiento en caliente y b.- De endurecimiento al aire y pueden ser espesos o delgados, los primeros se aplican como los ordinarios y los delgados se usan por un proceso llamado de inmersión, porque se sumerge el ladrillo en él, de tal modo que se cubre el fondo y una de las paredes laterales. Según el material empleado pueden ser: ordinario de arcilla refractaria, de magnesita, de cromita, silíceos, de alúmina o de alta alúmina y de carburo de silicio.

a.- Morteros que se endurecen por el calor.- Formados por calcinados y arcilla plástica, obteniendo su resistencia al ser quemados a vitrificación incipiente. Como cementante para bajas temperaturas y gran resistencia se usa arcilla refractaria común, para altas temperaturas se usa caolín. El material calcinado o ingredientes no plásticos pueden constituir un 60% del total, para reducir el encogimiento, siempre que no se pierda la plasticidad y facilidad de manejo, los morteros de este tipos se venden en bolsas impermeables, debiendo mezclarse con agua al usarse.

b.- Morteros de endurecimiento al aire.- También como los anteriores tienen una base de arcilla calcinada o flint (Pág.101) quebrada a malla 40, mezclada con arcillas plásticas y 5 á 20% de silicato de sodio en solución. Las propiedades de la pasta dependen de -

la relación de materiales y del tipo de arcilla y de silicatos usados, así, para altas temperaturas la arcilla debe ser muy refractaria y el silicato poco alcalino, disminuyendo la refractibilidad y aumentando la alcalinidad para temperaturas cada vez menores. La cantidad de agua se ajusta a la consistencia de pasta, usándose un proceso intermitente de mezclado para asegurar su control, la mezcla obtenida debe manejarse en recipientes cerrados, y al abrigo del aire, para ciertos casos se emplean morteros de este tipo al estado seco, dando menor resistencia.

2.- CEMENTOS REFRACTARIOS.- Mezclas de arcillas calcinadas (40-60%), fineza 4 a 2 hilos/pulg. 2 y arcilla plástica, para formar un material muy plástico que tenga gran flexibilidad, algunos se endurecen por el calor y otros por el frío, estos últimos como ya se sabe llevan soluciones de silicato de sodio. Debe tenerse cuidado al aplicarlos, para obtener un servicio adecuado, en general deben aplicarse por partes, mezclando bien y apisonando, a veces es conveniente producir en su superficie pequeñas perforaciones para permitir el escape de los gases. Se usan para calderas, puertas, y aún para construcciones monolíticas (vaciado en formas), algunos se aplican para tinajas, canales de picada, etc., usados en la obtención de metales, debiendo ser en este caso fáciles de trabajar y de un punto de suavización cercano al del metal vaciado, generalmente son mezclas (mezclas para Tinajas) de arcilla calcinada, algunas con caolín o arcillas de alta alúmina.

Las mezclas a base de cromita se emplean para condiciones severas de erosión por la escoria, en paredes de hogares, calderas, puertas, crisoles, etc. Las Silíceas se usan para parchar los hornos. Las de Carburo de Silicio cuando se requiere alta transferencia de calor y resistencia a la escoria. La Magnesita o Dolomita granulos mezclados con alquitrán o dextrina se usan para recubrimientos de crisoles de hornos básicos.

CONCRETOS REFRACTARIOS.- Son hechos con material calcinado denso (para masas resistentes) o poroso (para masas ligeras) en proporción de 60 a 80% y un 15 a 25% de cemento de alta alúmina y arcilla, para hacerlos manejables. Mezclados con agua fraguan al aire, alcanzando gran dureza. Durante el reposo el agente cementante y las arcillas se asientan, por lo que deben mezclarse bien en seco, antes de agregar el agua. La cantidad necesaria de éstas varía con el tipo, pero ordinariamente es de 25 a 28 lts, por cada 100 Kgs. de material. Una vez vaciado se deja "Curar" por 24 a 48 horas. No deben emplearse para espesores menores de 40 mm. Presentan baja resistencia a temperaturas entre 820°C, cuando el cemento es deshidratado y aún no se ha obtenido resistencia por vitrificación. Soportan altas temperaturas sin sufrir gran encogimiento al secarse, por su bajo coeficiente de expansión. El producto obtenido resiste la penetración de la escoria, la abrasión y los cambios bruscos de temperatura. Se están empleando para tabiques de calderas, puertas de los hornos, cubiertas de los carros de los hornos de túnel, incineradores y construcciones de formas especiales. Los concretos porosos pueden pesar 40 a 50% menos, tienen baja conductividad térmica (casi la mitad del ladrillo refractario), por lo que tienden a actuar como material aislante. Se usan para chimeneas, hornos para esmaltar, etc. A veces los concretos refractarios se mezclan con algo de óxido de cromo o fierro, para hacerlos resistentes a la acción corrosiva de la escoria.

MATERIALES CEMENTANTES.

I.- MATERIALES BITUMINOSOS.-

GENERALIDADES.- Ciertos materiales tienen la propiedad de endurecerse y convertirse en un sólido más o menos duro, adhiriéndose fuertemente a las superficies pétreas con las cuales se ponen en contacto generalmente por intermedio del agua, a veces solos y otras 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. Se dividen en: Alquitranes, Asfaltos, Preparados Bituminosos y Productos de asfalto. 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. 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. Para mejor distribución se estudiarán los materiales cementantes en tres capítulos titulados:

1.- Materiales Bituminosos, 2.- Materiales Cementantes simples y 3.- Cementos Hidráulicos. Además se consideran en un capítulo aparte mezclas de los mismos usadas en la práctica, con el nombre de: Morteros y Concretos.

1.- MATERIALES BITUMINOSOS.

GENERALIDADES.- Los materiales Bituminosos, constituyen derivados del petróleo (asfalto) o de Carbones Bituminosos, Madera, etc., (alquitranes). Están formados principalmente por hidrocarburos de elevado peso molecular, junto con materiales resinosos y materiales aceitosos que actúan como solventes, además de impurezas minerales y orgánicas finamente divididas. La base fundamental se conoce con el nombre Bitumen o Betún y es completamente soluble en sulfuro de carbono.

Aunque los materiales bituminosos se han empleado desde los tiempos primitivos como materiales cubrientes, para proteger las superficies contra los agentes exteriores, o como materiales impermeables, solo hasta últimas fechas se ha procedido a su aplicación en la construcción en una forma científica definida, en caminos, carreteras, impermeabilizantes, pinturas, barnices, etc.

DIVISION.- Se consideran tres tipos principales de materiales Bituminosos: Alquitranes, Asfaltos y Preparados Bituminosos:

A.- ALQUITRANES.-

GENERALIDADES.- Productos Bituminosos líquidos, obtenidos artificialmente como residuos en la destilación seca de carbones bituminosos (Alquitrán de carbón) o en la preparación de gas de agua (Alquitrán del gas de agua).

Alquitrán de carbón.- Se obtienen en la preparación del cok (Destilación seca de carbón de hulla) o del gas del alumbado (carbón de gas). En el 1o. el carbón mineral, (comunmente hulla) se --