Escuela Nacional de Ciencias Químicas

Estudio de la Corrosión Producida por los Iones. NO_3; PO_4; HCO_3; en los Tubos de Asbesto Cemento.

T E S I S

Que para obtener el título de:

QUIMICO METALURGICO

p r e s e n t a :

EDUARDO ALVAREZ DEL CASTILLO

MEXICO, D. F. 1965

Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

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.

ESTUDIO DE LA CORROSION PRODUCIDA POR LOS IONES.

NO_3; PO_4; HCO_3; EN LOS TUBOS DE ASBESTO CEMENTO.

EDUARDO ALVAREZ DEL CASTILLO

MEXICO, D. F. 1955

A mi madre, con todo mi agradecimiento.

A la memoria de mi padre.

A la Srita. Ma. de la Luz Trujillo.

A mis hermanos:

Alberto, Sergio, Guillermo, Arturo,
Humberto, Miguel Angel.

A mis maestros.

A mis compañeros y amigos.

A mi querida escuela.

A la Cía. Techo Eterno Eureka, S. A.
Agradezco las facilidades y el apoyo que se me dieron para el desarrollo del presente trabajo.

C A P I T U L O P R I M E R O .

I N T R O D U C C I O N .

I N T R O D U C C I O N .

La gran industria del asbesto cemento que ha tenido un -- auge extraordinario en los últimos años, de acuerdo con el desarrollo notable que en materia de urbanización se observa en todos los países del mundo, se puede afirmar que se seguirá superando; tanto en el aspecto técnico general como en el aprovechamiento de todos - los conocimientos, logrados a través de una larga serie de experiencias, para encontrar un material idéal, que supere el actual y elimine a su vez los factores en detrimento de sí mismo; ya que las -- instalaciones de este tipo de material, como drenajes, desagües y - ductos en general, se hacen con el fin de servir por un largo período de tiempo comprendiendo los costos que acarrea su realización.

El tubo de presión es el artículo más importante de la -- industria asbesto-cemento. Se fabrica con una pasta de asbesto y - cemento del tipo Portland o portland puzolánico, exentos de mate- - ria orgánica, con o sin adición de sílice. Es, tomando en cuenta - su presión máxima de trabajo, como se clasifican en clases.

Facilmente se comprende que este tipo de instalaciones -- estan expuestas constantemente a la acción corrosiva de infinidad - de substancias de diversa índole, y desde el punto de vista químico, éstas constituyen la fuente de ataque que pueda causar la des-- trucción parcial o total de las instalaciones y es éste el caso par

ticular que nos ocupa.

Analizando, aún a simple vista, un trozo de tubo de asbesto-cemento nos damos cuenta de que el asbesto cumple con un papel parecido al que en un cemento armado tienen las armazones de varilla de acero; ó sea que conocida su gran estabilidad química y habiendo observado lo anterior se puede asegurar que el asbesto, mejora o nó, según su propia calidad, los coeficientes de tipo físico sin alterar la química del producto.

En cambio, el cemento es un elemento que desde el momento de entrar en contacto con el agua, hasta el fraguado y posteriormente el endurecimiento entra su estructura en constante actividad química y por lo mismo constituye el punto débil para un ataque del tipo químico que nos ocupa.

El presente trabajo se realizó utilizando en todas las investigaciones probetas de tubo fabricados, tanto por el sistema de curado normal como por el de curado en autoclave.

Los reactivos que se usaron fueron preparados a una concentración superior a la que pueda ser encontrada en un drenaje de tipo común, con el fín de fijar al elemento corrosivo.

En substitución del factor tiempo, se efectuaron todas las experiencias a la temperatura de ebullición de los reactivos de ataque y además se mantuvo una agitación constante.

Se usaron tiempos diferentes y concentraciones también diferentes con el fín de lograr una conclusión más precisa.

Las muestras de tubo se analizaron antes y después de cada ataque en sus componentes principales.

Actualmente la tubería a base de asbesto-cemento, independientemente de los sistemas de fabricación, curado y la técnica seguida en su manufactura se ha encontrado que cumplen satisfactoriamente con su papel resistiendo durante mucho tiempo el posible ataque de las muchas substancias que conducen. Me estoy refiriendo a una instalación del tipo urbanístico común.

Día con día aumenta la cantidad y la variedad de substancias de caracter desechable que utiliza el común de la gente y que tiene que se conducida a travéz de drenajes, desagües o ductos; con esto las posibilidades de corrosión aumentan, y lo que hoy no constituye un problema, mañana tal vez ya lo sea, por ello se debe pensar en un futuro en que se requeriran materiales de máxima vida y calidad.

El asbesto constituye en sí un problema, yá que en su extracción unicamente se aprovecha el 5% del total de roca extraida, como se comprende, esto encarece el producto; además, los depósitos de este mineral son muy aislados y relativamente escasos. De acuerdo con la constante demanda, en aumento, y de no mejorar los sistemas de extracción se tendrá que recurrir a algun otro material que le substituya en ésta y otras industrias.

Por todas estas circunstancias, me permito considerar que cualquier estudio, que, en materia de corrosión se haga para este tipo de instalaciones es útil y beneficioso.

En el desarrollo del presente trabajo y en los resultados expuestos encontraran ustedes los datos que, de acuerdo con las condiciones descritas puedan servir de base para formarse una conclu--

sión que diste mucho de ser el resultado de los trabajos de un experto pero que, cuando menos, sirva como base a futuros y más completos estudios.

Ruego a ustedes disculpar todos los errores en que pude haber incurrido en el desarrollo del presente trabajo.

Agradezco su consideración.

C A P I T U L O S E G U N D O.

P R O C E S O D E F A B R I C A C I O N.

Y

M A T E R I A P R I M A.

PROCESO DE FABRICACION.

Como ya se ha expuesto en la introducción el tubo de presión se fabrica con una pasta de asbesto y Cemento del tipo Portland, exento de materia orgánica, con o sin adición de sílice.

El Asbesto debe desfibrarse lo más finamente posible para aumentar la superficie de contacto del Asbesto con la pasta del cemento. Las fibras muy abiertas mejoran las propiedades mecánicas del producto, ya que se forma una red muy tupida de fibras distribuidas uniformemente en el cemento. Las mechas gruesas de fibras, bajo la acción de cargas exteriores, pueden escapar del cemento que las rodea por falta de adherencia. La Superficie de la fibra absorbe la cal que se desprende durante la hidratación del cemento Portland y esto confiere a los productos de Asbesto Cemento una relativa resistencia a los alcalies y a las aguas mineralizadas. El cemento Portland debe encontrarse finamente molido para el mismo fin. Se usa cemento de Fraguado Lento y de Endurecimiento Rápido.

Existen fórmulas para determinar la composición de la mezcla; resultados de diversos estudios sobre el tema; tomando encuenta las superficies de los granos del polvo del cemento y de las superficies de las Fibras de asbesto.

El asbesto se suministra a las Fábricas en bolsas; para prepararlo para su aplicación, se proveé una serie de máquinas que se usan para abrirlo en finas fibras. El cemento también se proveé en bolsas y ya no precisa una elaboración previa. Sólo con el

propósito de evitar que se introduzca en las máquinas algún cuerpo extraño se instalan aparatos cernidores. Para el control de la -- cantidad de materia prima destinado a la producción, se instalan - básculas.

Para la transformación previa del asbesto en la fábrica, se usan en primer término: el denominado molino de Rulos. Para el - desfibrado definitivo se utilizan: El denominado desintegrador y - el Molino "Simplex Porplex". Una vez desfibrado el asbesto, pasa, con ayuda de un aspirador a unas cámaras o tolvas, de donde se carga, en la Holandesa o en otros mezcladores.

El cemento que se recibe es generalmente limpio pero - - siempre conviene prevenir el que se encuentra mezclado con substancias extrañas nocivas al producto y a la maquinaria (Piedras, clavos, etc.) para lo cuál se instala un tamiz vibrador. Una vez que el cemento y el asbesto están preparados en debida forma para la - producción del asbesto-cemento se mezclan con agua en aparatos conocidos bajo el nombre de pilas Holandesas.

Las proporciones de la mezcla varian en la siguiente forma: de 85 a 87 % de Cemento y de 13 a 15 % de Asbesto (Curado Normal) y de: 58 a 60 % de Cemento; de 28 a 30 % de Sílice y de 13 a 15 % de Asbesto (Curado Autoclave).

En cuanto es bien mezclado en la Holandesa, se lo envia a travez de un orificio practicado en el fondo de la pila y pasa - por unas cañerias hacia las máquinas formadoras o hacia un banco - mezclador cuando se trata de fabricar láminas con el fin de asegurar un trabajo ininterrumpido para el aparato principal.

Como se comprende para el proceso se requiere una gran - cantidad de agua. Con el fin de aprovechar el máximo se utilizan un sistema de filtros para recuperar el exceso de agua y recircularla. Las máquinas para la producción de tubos fueron inventadas en 1913; se necesitaron cerca de 7 años para perfeccionar las máquinas y obtener un producto de buena calidad.

La Pasta de Asbesto Cemento se enrolla sobre un tubo metálico hueco, que gira sobre su eje; el tubo tiene en todo su cuerpo una gran cantidad de pequeños agujeros con el objeto de eliminar el excedente de agua, operación que se lleva a cabo conectando una manguera de vacío al interior del tubo. Para evitar el paso de la pasta se envuelve el tubo con una tira de lona delgada que posteriormente se saca del tubo ya formado, con un simple tirón.

El tubo de metal ó Mandril es desmontable para que cuando se ha terminado la operación de formado se proceda en un banco especial a sacarlo del interior del tubo de Asbesto Cemento, el - proceso es continuo y sencillo. Posteriormente el tubo es sometido al curado.

El curado consiste en dar el tiempo necesario, en las - condiciones ideales para que el fraguado del cemento se lleve a cabo; esto se hace de dos modos:

CURADO NORMAL.- Sumergiendo los tubos en unas tinas llenas de agua, cuyo pH está controlado, para evitar la saturación de cal libre y eliminarla en lo más posible. Los tubos permanecen 28 días en los tanques de agua de acuerdo con el proceso de fraguado del cemento al cabo de este tiempo se saca y son sometidos a las - pruebas de tipo físico a que obliga la norma oficial; terminada la

prueba se envian a depósito.

CURADO EN AUTOCLAVE.- A presiones de 6 a 8 atmósferas y a una temperatura de 75 a 90°C.

En este tipo de curado, como ya se indicó la pasta se hace con adición de sílice para evitar el agrietamiento.

Los tubos permanecen en el interior del autoclave durante 12 hrs. después son sometidos a las mismas pruebas físicas y pasados al depósito para su venta.

CONSIDERACIONES.- Desde el punto de vista químico se puede considerar una dilución del cemento mediante la adición de sílice en el tipo de curado en autoclave por lo que los resultados de cal libre disminuyen en el balance final.

Considero que unos estudios más completos en este punto pueden arrojar resultados favorables a los dos sistemas, para conseguir un producto de más calidad y menor costo.

No se dan detalles de las máquinas usadas ni del sistema en sí, por no ser el tema que nos ocupa.

M A T E R I A P R I M A .

CEMENTO PORTLAND. GENERALIDADES.

El Cemento Portland es el producto obtenido del molido - fino del clinker. El clinker se compone de combinaciones muy básicas de cal con sílice; (Silicato Tricálico) (C_3S), (Silicato Dicálcico) (C_2S); y combinaciones también de alta basicidad de cal con alúmina; (Aluminato tricálcico) (C_3A) e óxido de hierro (Aluminato Férrico Tetracálcico) (C_4AF); y en cantidades menores - - óxido de manganeso y magnesio.

Estas materias, pulverizadas y mezcladas intimamente, en las proporciones precisas, son llevadas a calcinación (1400°C), -- hasta vitrificarse; el resultado de este proceso es lo que constituye lo que es llamado CLINKER.

Los componentes de un Cemento Portland Normal varian en los porcentajes siguientes:

Cal.....	CaO	de	59	-	67	%
Sílice.....	$Si\ O_2$	de	16	-	24	%
Alumina.....	Al_2O_3	de	4	-	9	%
Fierro.....	Fe_2O_3	de	1	-	5	%
Magnesio.....	Mg O	de	0.5	-	5	%
Anhidrido Sulforoso	SO_3	de	0.5	-	2.5	%

Estos componentes varian en otros tipos de cementos según las características deseadas, así, por ejemplo encontramos en la Norma Cl - 1955 de la Dirección de Normas, 5 diferentes tipos - de cemento.

TIPO 1.- Para uso en construcciones de concreto en general, cuando no se requieren las cualidades especiales para los - - tipos 2, 3, 4 y 5.

TIPO 2.- Para uso en construcciones de concreto en general, expuestas a la acción de sulfatos o donde un calor moderado de hidratación es requerido.

TIPO 3.- Para uso donde se requiera un alta y temprana resistencia.

TIPO 4.- Para uso donde se requiera un bajo calor de hidratación.

TIPO 5.- Para uso donde se requiera una alta resistencia a la acción de los sulfatos.

Es importante comprender que las especificaciones anteriores para cemento, son para usarse en concreto fraguado bajo condiciones normales.

Los Cementos Tipos 1, 2 y 3 son fabricados por la generalidad de los fabricantes de cementos portland. El tipo 4 lo fabrica un limitado número de compañías, para estructuras especiales, tales como presas, donde el bajo calor interno reduce el peligro de agrietamiento debido a la temperatura. El tipo 5 es raramente fabricado debido a la escasez de materia prima.

Estos 5 tipos de cemento se producen con o sin agentes que admiten aire, los cuales ayudan a la resistencia a la deteriorización mecánica debida a los ciclos alternativos de congelamiento y descongelación.

El problema de corrosión, sí lo hay, en los tubos de asbesto cemento, se puede achacar en un 99% a la acción que las substancias conducidas por el tubo, tienen sobre el cemento en sí. El otro 1% a la que tienen sobre las fibras de asbesto. Por lo tanto es de especial importancia conocer la química que sigue el cemento-

buscando el punto débil para eliminarlo o protegerlo.

Analizando las reacciones que se efectuan en la pasta y que se deben a la interacción de los silicatos y aluminatos con el agua en la formación de los productos de hidratación, vemos que, a medida que avanzan las reacciones, al entrar en contacto el agua con los granos sin hidratar, los que posteriormente, a su vez se hidratan y gradualmente ocupan el espacio que originalmente ocupaba el agua.

Casi al principio de la hidratación, se puede observar el sistema conteniendo granos de cemento parcialmente hidratados rodeados de la estructura Gélica, creciente según avanza el tiempo.

Algo de material cristalino (Hidróxido de Calcio) está presente además de un exceso de agua y pequeñas cantidades de aire en oclusión. Después solo queda una pequeña cantidad de cemento sin hidratar cuando la formación de un gel ya cristalino, ha substituido la débil estructura del gel primario.

Dependiendo de muchos factores entre los que está como más importante la relación agua-cemento, el gel puede haber llenado todos los espacios del volumen de la pasta, o pueden haber quedado pequeñas cavidades capilares debidas a una cantidad pequeña de aire ocluido o a una evaporación acelerada del agua de la pasta.

Por lo tanto las condiciones para obtener un buen producto desde el punto de vista físico, dependen en un máximo, de la finuera de la molienda del clinker y de las proporciones agua-cemento; y después tambien de el tiempo y las condiciones de curado, con el fín de permitir una formación completa y perfecta del gel cristalino constituyente.

Desde el punto de vista químico, el proceso se explica de la siguiente manera; los compuestos que entran en la constitución del cemento no son estables y, bajo la acción del agua, se producen nuevas combinaciones químicas que no existian en el clinker.

El compuesto fundamental del cemento portland- el silicato tricálcico- representa una especie química inestable que reacciona facilmente con el agua, formandose dos nuevos compuestos: el hidrosilicato de calcio y el hidróxido de calcio.

$$3\ CaO\ \ SiO_2 + 4H_2O \rightarrow CaO\ \ SiO_2 \cdot 2H_2O + 2\ Ca\ (OH)_2.$$

La reacción principia inmediatamente después de agregada el agua y se revela por la separación de cal hidratada libre.

Otro constituyente del cemento portland- el silicato dicálcico- sufre la acción del agua (hidratación) de una manera mucho más lenta, formandose también hidrosilicato de calcio, con separación parcial de hidróxido de calcio.

El aluminato tricálcico se hidrata rápidamente bajo la acción del agua, formandose hidroaluminato de calcio.

$$3CaO \cdot Al_2O_3 + n\ H_2O \rightarrow 3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot n\ H_2O$$

Se supone que en la disolución saturada de cal, y este es el caso, puede parcialmente producirse una combinación de aluminato tricálcio con cal, formandose así hidroaluminato tetracálcico, cuya fórmula es:

$$4\ CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 12\ H_2O$$

El compuesto $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$, bajo la acción del agua, da igualmente nuevas combinaciones:

$$3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot n\ H_2O \quad y$$

$$CaO \cdot Fe_2O_3 \cdot m\ H_2O$$

Conviene prestar particular atención al hecho de que, al unirse el cemento con el agua, se desprende cal libre, la cual al disolverse facilmente, entra en composición con otras muchas substancias disueltas en el agua.

Esta circunstancia constituye el defecto fundamental del cemento portland, ya que en ciertas condiciones puede llegar a producir la destrucción del cemento ya endurecido.

El proceso de fraguado y endurecimiento del cemento es acompañado por un desprendimiento de cal ya que las reacciones químicas correspondientes son exotérmicas. En tiempo frío esto calor es útil, pero en tiempo caluroso se deben tomar medidas para evitar el calentamiento, a fin de que no se produzcan rajaduras por dilatación.

Las investigaciones hechas han comprobado que de los componentes básicos del cemento, la mayor cantidad de calor desprendida proviene de el aluminato tricálcico, siguiendole el silicato tricálcido, los otros componentes desprenden una menor cantidad de calor.

CEMENTO DE POZOLANA GENERALIDADES.

Se dividen en dos clases: Cemento de Puzolanas Naturales a cuyo grupo pertenece, como más importante, el cemento de TRASS, y Cementos de Puzolanas Artificiales, entre los cuales citaremos el de escorias y el de masa silícea.

Puzolanas.- Puzolana es el nombre génerico de todas las substancias que, de por sí, no poseen propiedades hidráulicas; pero las adquieren al ser molidas finamente y mezcladas con un activador (cal, yeso, cemento.)

Estas propiedades eran ya conocidas por los romanos, que estraian la tierra de puzolana de la isla Pouzzuoli (de ahí el nombre)y la mezclaban con cal y polvo de ladrillo de lo cual resultaba el mortero del hormigón romano.

La importancia práctica y técnica de la puzolana se debe a que se combina facilmente con la cal libre que se produce en los cementos, al fraguar, con lo cual se disminuyen bastante las acciones agresivas de muchas substancias que atacan o actuan sobre esa cal libre para detrimento del cemento.

Hay varias clases de Puzolanas, a saber:

1.- Escoria de Alto Horno, básica y vitrea.

2.- Puzolana Natural: tierra de puzolana, trass, infusorios, pomez, toba.

3.- Puzolana Artificial: polvo de vidrio, masa silícea,- polvo de ladrillo, escoria de basuras, cenizas de filtrado, etc.

4.- Substancias Inertes. arena muy fina, asbestinas.

Propiedades.- Disminuyen el calor de fraguado de los cementos producen mayor compacidad, se combinan con la cal libre y - aumentan la resistencia del cemento a las acciones agresivas de líquidos y gases, especialmente de aguas sulfatadas.

La influencia de las distintas puzolanas en la resistencia mecánica del cemento es muy diversa. El añadido de escorias - aluminosas de alto horno producen aumentos notables de resistencia; en cambio, las escorias de alto horno pobres en alúmina producen - pérdidas. El polvo de piedra y de ladrillo debe añadirse en pequeñas cantidades; de lo contrario se producen perdidas de resistencia muy importantes.

El añadido de puzolanas esta, por lo tanto, indicado para aquel tipo de material donde se requiera impermeabilidad, docilidad y resistencia a la acción corrosiva de aguas y gases. No solamente en obras hidráulicas, sino en toda clase de obras expuestas a la acción de agentes químicos, tiene validez la frase:

"La compacidad es más importante que la resistencia."

ASBESTO GENERALIDADES.

Bajo la denominación de asbesto (del griego asberos-incombustible) se agrupan todos los minerales fibrosos que además de ser incombustibles poseen la propiedad de desfibrarse en fibras extraordinariamente delgadas y resistente.

La combinación de las propiedades mencionadas condicionan la posibilidad de diversas aplicaciones en la industria.

Por su gran finura y resistencia a la tracción, a los ataques químicos y por ser incombustibles, las fibras de asbesto son todavía insustituibles para un gran número de usos.

Así, determinadas fibras largas se usan principalmente en la industria textil, Fibras de mediana longitud, son materia prima para un gran número de productos en la construcción, en la industria del Asbesto-Cemento, como refuerzo en láminas y en tubos de presión.

Fibras más cortas, se usan en la industria del papel para productos especiales, como aislantes eléctricos y térmicos, para la fabricación de balatas para frenos y embragues, para la formación de bloques aislantes, como agregados y como admezclas en pinturas de alta calidad, en la industria vinícola, en la industria cervecera y en la industria azucarera como medios filtrantes. Además, para empaques prensados y planchas prensadas para diversos usos.

El asbesto se encuentra en los minerales de los grupos: serpentina y anfíbol, conocidos actualmente en la teoría y en la práctica bajo el nombre de Asbesto-Crisótilo y Asbesto-Anfíbol.

La importancia industrial de ambos grupos es muy distinta. Más del 90% de la producción mundial corresponde al asbesto-crisótilo.

Bajo la denominación de amianto (del griego amiavros-incorruptible) se comprenden las variedades finas de asbesto; sus fibras se distinguen por su flexibilidad y su resistencia mecánica reducida (en los paises de habla latina suele usarse el término amianto para designar cualquier clase de asbesto).

El asbesto se encuentra en cierta especie de rocas llamadas serpentinas.

Las rocas eruptivas primarias que dieron origen a las serpentinas son las siguientes: gabro, peridotita, piroxena, dunita y otras. Estas rocas constan fundamentalmente de dos minerales olivina y piroxeno. Durante las subsiguientes erupciones de rocas ácidas, las aguas magmáticas que contenian diversos gases, principalmente vapores de agua, anhídrido carbónico y oxigeno, irrumpieron en las rocas primarias y, distribuyendose por las grietas, produjeron las siguientes reacciones.

Olivina: $3(3MgO.FeO.2SiO_2 + 3CO_2 + 4\ H_2O + O$

Serpentina: $2(3MgO.2SiO_2.2H_2O) + Fe_3O_4 + MgCO_3 + 2SiO_2$

Piroxeno: $3(CaO.MgO.2SiO_2) + 3CO_2 + 2H_2O$

Serpentina: $3MgO.2SiO_2.2H_2O + 4SiO_2 + 3CaCO_3$

El proceso de transformación de la olivina y del piroxeno en serpentina, era acompañado por un aumento de volumen, factor que originó nuevas grietas en las cuales se precipitaron las aguas magmáticas, disolviendo principalmente la serpentina.

Las soluciones formadas se saturaban al enfriarse y la serpentina excedente se separaba en forma de una substancia dura y fibrosa (el asbesto).

Por su estructura el asbesto se divide en dos clases: As-

basto de fibras entrelazadas constituido por cristales filiformes o en forma de película; y asbesto de fibras paralelas que se subdivide a su vez en asbesto-anfíbol y asbesto-crisótilo de los que ya se hablo anteriormente.

El anfíbolse encuentra en las siguientes variedades:

Crocidolita. . . . $Na_2O\ Fe_2O_3 .\ 2\ FeO\ .6SiO_2$

Amosita. . . . . $(Fe,Ca,Mg,Na_2)\ O\ .\ 4\ SiO_2$.

Tremolita. . . . $CaO.3MgO.4SiO_2$.

Actinolita . . . . $CaO.3(Mg,Fe)\ O.\ 4SiO_2$.

Antofilita . . . . $(Mg,Fe)\ O\ .SiO_2$.

El asbesto anfíbol contiene de 2 a 6 % de agua de cristalización; su peso especifico es de 2.5- 3.0 ; la dureza, según la escala de Mohs es de 5 a 6. a una temperatura aproximada de 1150°C el asbesto anfíbol se funde (Actinolita- 1296°).

El grupo de los asbestos "anfíbol", resistentes a los ácidos se utiliza principalmente en la industria química.

El lugar de mayor importancia en la industria lo ocupa el asbesto "crisótilo".

Este último es una variedad del mineral serpentina. Por su composición química es un silicato hidratado de magnesio:

$3MgO.\ 2SiO_2.\ 2H_2O$.

Es de color amarillo claro con un matiz dorado; el largo de la fibra oscila entre un margen de unidades de milimetros hasta 20 milimetros. El peso especifico es de 2.4 - 2.5; la dureza, según la escala de Mohs, es de 3-3.5.

El grosor de las fibras de asbesto en micrones es de: Crisótilo de los Montes Urales (Rusia). . 0.5 - 0.8

Crisótilo del Canadá. . . 1.0 - 1.5

Crocidolita de Canadá . . 9.0

Cada fibra de asbesto constituye un cristal prismático romboidal muy estirado, la superficie lisa.

Las fibras de asbesto no deformadas aún son las que ofrecen la máxima resistencia. La resistencia a la tracción (límite de ruptura) es de 30,000 Kg/cm^2.

Durante los procesos de extracción del mineral, de su enriquecimiento y de la separación de la fibra de asbesto, éste es sometido a acciones mecánicas que disminuyen su resistencia a la flexión, a la compresión, a la tracción y a la torsión. Sin embargo, el límite de resistencia no baja de 80 - 90 Kg/mm^2; es decir, esta no es menor que las mejores fibras de procedencia vegetal.

En vista de la delgadez de la fibra de asbesto y del papel que desempeña en la misma el agua (higroscópica), el asbesto posee la propiedad de flexionarse y tomar diferentes formas (elasticidad.). Esta valiosa propiedad del asbesto se adquiere unicamente como resultado del desfibrado, pero su resistencia a la tracción disminuye entonces.

La fibra de asbesto en trozos no es elástica. Otra cualidad valiosa del asbesto es su incombustibilidad; sin embargo, sometido a altas temperaturas, sufre una serie de alteraciones que influyen sobre sus propiedades físicas. Esto sucede como consecuencia de la pérdida del agua que se haya en los cristales de asbesto en dos diferentes estados: en forma higroscópica o de absorción y en forma de hidratos no constitutiva. El agua higroscópica no está ligada quimicamente al asbesto, y se halla en estado libre, distri-

buida en la superficie de los cristales. La cantidad de esta agua oscila entre el 1 y el 2 % del peso del asbesto. Al calentar el asbesto crisótilo, la masa escencial de agua higroscópica se evapora ya a una temperatura de 110° C, y el resto se separa en el intervalo de 110°C a 368°C. La pérdida de agua higroscópica tiene como consecuencia la disminución de la resistencia y de la elasticidad de las fibras.

El asbesto crisótilo tiene aproximadamente 14 % de agua de cristalización.

Cuando las fibras de asbesto se estacionan en condiciones normales de temperatura y humedad, absorben el agua del aire y se reconstituyen de nuevo. Al estar sometido el asbesto a una temperatura de 450 a 700°C, empieza a perder el agua quimicamente unida a él o constitutiva, y a un calentamiento mayor de 700 a 800°C la pierde del todo, volviendose entonces poco resistente y quebradizo y pulverizandose facilmente. En este caso las propiedades perdidas no se recuperan, aunque la temperatura sea normal y con alto porcentaje de humedad. A una temperatura aproximada de 1500°C el asbesto crisótilo se funde.

El asbesto posee una notable resistencia a los ácidos y álcalis.

El asbesto de tipo anfibol es más resistente a los ácidos y el crisótilo lo es más a los álcalis.

El asbesto es mal conductor de la electricidad.

YACIMIENTOS DE ASBESTO.

Los más grandes yacimientos de asbesto crisótilo se encuentran localizados en los siguientes países:

Canadá: Provincia de Quebec.

U.R.S.S.: Montes Urales y Siberia.

Rodesia del Sud: Localidades Shabani y Mashaba.

Isla de Chipre.

Estados Unidos de América: Estado de Vermont.

Otros yacimientos de menor importancia se encuentran en Japón, China, Italia, Finlandia, Venezuela, Nueva Zelandia, etc.

La producción mundial alcanza un total de poco mas de 2 millones de toneladas anuales, de las que un millón corresponden a la producción de Canadá.

C A P I T U L O T E R C E R O .

P A R T E E X P E R I M E N T A L .

M U E S T R E O.

MUESTREO.-

Esta operación se llevó a cabo cortando muestras de 25 - cms. de tubos ya curados los cuales se hicieron en máquinas diferentes con mezclas de distintos lotes de materia prima: todas las muestras difieren en este punto, tanto las de curado normal como - las de curado en auto-clave.

De la muestra tomada, con una sierra mecánica se hicieron varios cortes en diferentes partes; el polvo resultante constituyó la muestra final no sin antes ser homogeneizada y cuarteada.

OBSERVACIONES:

No se obtuvo la muestra final por molienda debido a que las fibras de asbesto presentan cierta dificultad que deja lugar - a dudas en cuanto a lo homogeneo de la misma.

DESPUES DEL ATAQUE:

Fué filtrada la solución, lavado el residuo y secado al ambiente de aquí se tomó la muestra.

METODOS DE ANALISIS.

DETERMINACION DE SILICIO COMO SiO_2

Se pesa 1/2 g. de la muestra que debe estar milida tamizada. En un crisol de Platino se mezcla con 4-5 gs. de una mezcla homogenea de Carbonatos Alcalinos. Se lleva el crisol a la mufla hasta fusión tranquila. El crisol ya frío se coloca dentro de un vaso de 400 c.c. y se agregan 25 c.c. de HCl conc. cuidando de saturar la pasta formada en el interior del crisol y tapando con vidrio de reloj para evitar proyecciones; después se agrega H_2O hasta cubrir el crisol, se pone el vaso sobre una plancha caliente para acelerar la disolución. Se saca el crisol con un agitador y se lava cuidadosamente recibiendo el agua del lavado en el mismo vaso.

Se lleva a sequedad; se agregan a la masa formada 25 c.c. de HCl conc. y se lleva nuevamente a sequedad. Esta operación se repite una vez más. Al finalizar la segunda evaporación se agregan 15 c.c. de HCl y 75 c.c. de H_2O en ese orden.

El ppdo. se lleva a digestión y se filtra lavando el precipitado primero con una solución caliente de HCl al 5 % y después con agua caliente hasta eliminar cloruros.

En la estufa se seca el precipitado contenido en el papel filtro; se calcina en la mufla y frío se pesa hasta peso K.

El resultado obtenido se multiplica por 200 para obtener % de SiO_2.

REACCIONES:

$$H_2SiO_3 \quad ó \quad H_2O.SiO_2 \xrightarrow{\Delta} SiO_2 + H_2O$$

DETERMINACION DE FIERRO Y ALUMINIO COMO Fe_2O_3 y Al_2O_3

Al filtrado obtenido en la determinación de SiO_2 se le agregan unas gotas de HNO_3 conc. para oxidar el fierro a férrico. Hervir un poco y aún caliente agregar NH_4OH gota a gota hasta reacción alcalina más un pequeño exceso para precipitar los hidróxidos de Fierro y Aluminio.

Se hierve un poco y en caliente se filtra.

Lavar con agua caliente.

El precipitado se calcina en la mufla en atmósfera oxidante.

Con todo y papel filtro en un crisol de platino.

Se deja enfriar y se pesa rápidamente para evitar la hidratación de los óxidos formados. Hasta peso K. Este resultado constituye el peso de los dos óxidos.

Multiplicado por 200 se tiene en %.

SEPARACION DE LOS OXIDOS.

El polvo que constituyen los óxidos se muele cuidadosamente con un agitador de cabeza plana dentro del mismo crisol. Se agrega $KHSO_4$ hasta un tercio del crisol. Se calienta muy lentamente el crisol para evitar proyecciones al deshidratarse el bisulfato, luego se continua calentando hasta fusión total y tranquila.

El crisol con la fusión se pasa a un vaso de 400 c.c. y se agregan 10 c.c. de HCl conc. y luego H_2O hasta cubrir el crisol se pone el vaso sobre una placa caliente para acelerar la disolución de la masa.

Se saca el crisol con los cuidados ya descritos en la determinación de SiO_2

Se agrega a la solución un poco de Pb granulado con el -- objeto de reducir el cloruro férrico a ferroso, calentando un poco. Se pasa la solución decantando a otro vaso y lavando los residuos - de Pb. recibiendo el agua del lavado en el mismo vaso de la solu- - ción.

Se deja enfriar y se agregan 15 c.c. de una solución formada de H_3PO_4 y H_2SO_4 en agua, con el objeto de fijar el fierro -- oxidado en la titulación, como un fosfato de fierro complejo.

Se agregan unas gotas de difenilamina y se procede a la - titulación que se hace con una solución tipo de $K_2Cr_2O_7$ hasta lo- - grar el primer tinte violeta permanente.

El volumen gastado multiplicado por el factor directo nos dá el % de Fe_2O_3.

$$V \qquad 1.3585 \quad = \quad \% \ Fe_2O_3$$

Este resultado se resta del resultado obtenido al pesar - el calcinado de ambos óxidos: la diferencia es % de Al_2O_3.

REACCIONES:-

$$FeCl_3 + 3NH_4OH \longrightarrow Fe(OH)_3 + 3NH_4Cl$$

$$AlCl_3 + 3NH_4OH \longrightarrow Al(OH)_3 + 3NH_4Cl$$

$$\left.\begin{matrix} Fe(OH)_3 \\ Al(OH)_3 \end{matrix}\right\} + \triangle \longrightarrow \left.\begin{matrix} Fe_2O_3 \\ Al_2O_3 \end{matrix}\right\}$$

DETERMINACION DE CALCIO COMO CaO.

CaO TOTAL.

Al filtrado obtenido en la determinación anterior se le agregan 20 c.c. de una solución de $NH_4C_2O_4$ con el objeto de precipitar el calcio como oxalato.

Se pone el vaso conteniendo la solución sobre una placa de asbesto caliente para digerir el precipitado.

Se filtra y se lava con H_2O hasta ausencia de oxalatos. El papel filtro conteniendo el precipitado se pasa a un vaso de 400 c.c. Se agregan 300 c.c. de H_2O fría y 10 c.c. de H_2SO_4 conc. Se calienta la solución hasta cerca de la ebullición y entonces se procede a la titulación usando para ello una solución 0.1 N de $KMnO_4$ hasta lograr el primer tinte rosado permanente. Multiplicando el volumen utilizado por el factor directo se obtiene el % de CaO.

$$V \times .56 = \% \ CaO$$

DETERMINACION DE MAGNESIO COMO MgO.

El líquido filtrado obtenido en la determinación anterior se acidula con HCl usando anaranjado de Metilo como indicador, se agrega L c.c. de ácido en exceso; se añaden 25 c.c. de fosfato de amonio al 8% y 30 c.c. de amoniaco conc.; se agita durante 5 minutos. Se deja reposar durante 12 horas para asegurar que la precipitación del fosfato amoniacal de magnesio es completa y los cristales sean grandes. Se filtra en filtro fino y se lava con H_2O fría, hasta ausencia de fosfatos.

El papel filtro conteniendo el precipitado se seca y luego se calcina en un crisol de porcelana.

El calcinado se pesa. hasta peso K.

El resultado de la pesada multiplicado por el factor - -- 72.42 nos dá el por ciento de MgO.

REACCIONES:

$$Ca\,Cl_2 + H_2C_2O_4 + NH_4OH \longrightarrow NH_4Cl + CaC_2O_4 + H_2O$$

$$5\,CaC_2O_4 + 8H_2SO_4 + 2KMnO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 10Co_2 + 5CaSO_4 + 8\,H_2O$$

METODO DE ANALISIS PARA DETERMINAR CAL LIBRE.

REACTIVOS:-

INDICADOR DE FENOFTALEINA.- Se desuelve 1g. de fenoftaleina en 100 ml. de alcohol absoluto.

SOLUCION DE GLICERINA-ALCOHOL.- Preparese una solución de glicerina y alcohol Etílico Anhidro 1 a 2 en volumen. Para cada litro de esta solución se añadan 2 ml. de indicador de fenoftaleina ajústese esta solución por medio de una solución alcoholica de NaOH o bien con solución valorada de Acetato de Amonio, según sea el PH original: de manera que quede ligeramente básica.

SOLUCION VALORADA DE ACETATO DE AMONIO.- Se desuelven 16 g. de Acetato de Amonio cristalino y seco en 1 litro de alcohol-etílico absoluto. La solución se titula con una cantidad conocida de CaO: usando una mezcla de 0.05 g. de CaO molido, 60 ml. de solvente Glicerina-Alcohol y 2 g. de Nitrato de Estroncio anhidro; se llega al punto final cuando ya no aparezca color. Después de hervir por 1) minutos la solución, no debe aparecer ninguna coloración. Si apareciera el color, se continúa la titulación.

PROCEDIMIENTO.-

De una muestra de tubo que haya pasado la malla 20 se tomará 1 g. colocándola después en un matraz Erlenmeyer de 250 ml. seco, el cual tiene una capsula metálica revestida de teflón para agitación magnética; se añaden 60ml. del reactivo Glicerina-Alcohol y 2g. de Nitrato de Estroncio anhidro.

Se conecta el matraz a un refrigerante enfriado por agua y se calienta con una parrilla para agitación magnética, después se separa el matraz del refrigerante y se filtra la mezcla a traves de

un embudo Buchner por medio de vacío. El filtrado se calienta y se titula con la solución valorada de Acetato de Amonio hasta el punto final.

CALCULOS.

Para la titulación de la solución de Acetato de Amonio.

$$E = \frac{P\ CaO}{Va} \times 1.32$$

En Donde:

E = Peso de $Ca(OH)_2$ en g/ml. de sol. de Acetato de Amonio.

PCaO Peso de CaO en gramos.

Va = Volumen de Acetato de Amonio en ml. usado.

Porcentaje de Ca (OH)

$$\% = \frac{EV}{P} \times 100$$

En donde:

V = volumen de la solución de Acetato de Amonio usada.

E = Peso de $Ca(OH)_2$ en g/ml de sol de Actato de Amonio.

P = Peso de la Muestra en gramos.

METODO DE ANALISIS PARA LA DETERMINACION DE ANHIDRIDO SULFUROSO.

Añada 25 ml. de H_2O fría y 5ml. de HCl a 1g. de muestra;- caliente la solución y muela el material con el agitador en el fondo del vaso que sea evidente que la descomposición del cemento es - completa.

Diluya la solución a 50ml. y ponga a Digestión 15 minu- - tos. Filtre y lave el residuo con H_2O caliente. Diluya la solución a 250 ml. caliente a ebullición. Agregue lentamente gota a gota, - de una pipeta, 10 ml. de una solución de $BaCl_2$ caliente, al 10% en- volumen, se continúa la ebullición hasta que el precipitado esté -- bien formado.

Se pone a digerir la solución. Se filtra el precipitado y se lava con agua fría.

Se pasa el papel filtro conteniendo el precipitado a un - crisol de platino y a calcinación.

Se deja enfriar y se pesa.

Hasta peso K.

El resultado multipliquese por el factor 34.3 para obte-- ner % de SO_3.

R E S U L T A D O S D E A N A L I S I S .

Tabla No. 1

ANALISIS DE MUESTRAS CURADO NORMAL

Antes de Ataque Químico.

MUESTRA	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	CAL LIBRE	SO_3	PXC	NOTAS
1	18.14	3.11	4.93	46.59	5.48	1.7	1.8	20.90	
2	17.56	2.03	4.35	44.80	4.14	1.5	1.7	24.30	
3	19.18	3.38	3.62	45.13	4.78	1.2	2.0	22.00	
4	18.78	3.38	3.36	44.80	4.66	1.2	1.7	24.06	
5	18.16	2.30	4.26	46.25	5.26	1.5	1.9	22.00	
6	17.04	2.30	4.46	44.74	4.18	1.6	2.2	24.38	
7	19.34	2.98	3.64	44.29	4.60	1.6	1.7	23.70	
8	17.06	2.71	4.11	45.13	4.32	1.9	1.5	24.66	
9	17.44	2.44	4.54	45.41	4.87	1.7	1.9	24.20	
10	17.36	2.30	5.04	45.69	4.36	1.8	1.7	23.32	
11	18.56	2.71	4.63	49.00	5.00	1.7	1.6	20.12	
12	17.46	2.30	4.26	45.41	4.93	2.0	2.0	23.00	
13	18.86	3.11	3.93	43.23	4.46	1.3	1.5	24.68	
14	20.76	2.31	5.01	47.09	5.58	1.7	1.7	18.60	
15	18.56	3.53	3.87	44.52	4.84	1.3	1.6	23.16	
16	17.10	3.38	4.26	46.20	4.31	1.5	1.6	23.80	
17	19.88	2.71	3.49	47.32	5.76	1.3	1.9	20.04	
18	20.10	3.38	4.60	46.98	6.07	2.3	1.8	19.06	
19	18.90	3.53	3.37	43.96	5.18	1.5	2.0	23.00	
20	17.86	2.17	5.28	46.08	4.26	2.0	1.7	22.50	
21	20.00	2.57	4.11	47.04	5.72	2.1	2.0	20.42	
22	19.00	3.78	3.76	47.04	5.69	1.7	1.5	20.00	
23	17.90	3.26	4.06	44.74	4.56	1.4	2.1	22.84	
24	20.08	2.71	4.23	47.32	5.96	1.4	1.7	19.72	
25	20.18	3.53	4.45	51.05	5.81	1.7	1.6	14.30	

Tabla No. 2

ANALISIS DE MUESTRAS CURADO NORMAL

Después del Ataque Químico.

MUESTRA	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	CAL LIBRE	SO_3	P X C	NOTAS.
1	18.23	3.01	4.90	46.53	5.43	1.5	1.6	21.80	
2	17.57	1.92	4.38	44.82	4.10	1.4	1.9	25.19	
3	19.08	3.17	3.65	45.28	4.68	1.0	2.0	23.43	
4	18.48	3.48	3.30	44.80	4.63	1.4	1.3	25.00	
5	18.06	2.27	4.20	46.15	5.20	1.5	1.8	23.07	
6	17.00	2.21	4.43	44.63	4.10	1.[illegible]	2.0	26.30	
7	19.14	2.90	3.60	44.13	4.60	1.6	1.4	23.80	
8	17.00	2.52	4.01	45.18	4.30	1.0	1.5	26.67	
9	17.24	2.37	4.50	45.46	4.57	1.6	1.8	25.80	
10	17.15	2.30	5.00	45.00	4.37	1.8	1.4	26.38	
11	18.25.	2.67	4.43	49.01	5.12	1.7	1.5	20.15	
12	17.26	2.54	4.26	45.32	4.90	1.8	1.8	24.01	
13	18.80	3.05	4.00	43.10	4.46	1.2	1.6	26.70	
14	20.81	2.07	5.21	46.13	5.50	1.6	1.5	19.00	
15	18.51	3.60	3.80	44.12	4.78	1.2	1.6	24.02	
16	17.12	4.45	4.28	46.31	4.28	1.4	1.5	24.10	
17	19.91	2.70	3.51	47.16	5.75	1.4	2.0	21.17	
18	20.07	3.43	4.57	46.51	6.01	2.3	1.8	20.25	
19	18.74	3.51	3.37	42.72	5.13	1.6	2.0	23.50	
20	17.90	2.21	5.32	46.00	4.21	2.0	1.7	22.71	
21	19.97	2.62	4.14	46.94	6.00	2.0	2.0	20.61	
22	19.00	3.78	3.80	4687	5.70	1.5	1.4	20.32	
23	17.75	3.23	4.15	44.31	4.58	1.3	2.0	23.01	
24	20.01	2.80	4.22	47.00	5.91	1.2	1.5	20.00	
25	20.10	3.80	4.47	51.01	5.78	1.5	1.6	14.42	

CURADO NORMAL - (Condiciones del ataque químico).

MUESTRA NUM.	REACTIVO USADO	CONCENTRACION	PH	TIEMPO
1	KNO_3	0.5 M	12	120 hs.
2	"	0.5 M	12	48 Hs.
3	"	0.5 M	12	24 hs.
4	"	0.5 M	10	120 hs.
5	"	0.5 M	10	48 hs.
6	"	0.5 M	10	24 hs.
7	"	0.5 M	14	120 hs.
8	"	0.5 M	14	48 hs.
9	"	0.5 M	14	24 hs.
10	$KHCO_3$	0.5 M	14	120 hs.
11	"	0.5 M	12	48 hs.
12	"	0.5 M	10	24 hs.
13	"	0.5 M	14	120 hs.
14	"	0.5 M	12	48 hs.
15	"	0.5 M	10	24 hs.
16	"	0.5 M	14	120 hs.
17	"	0.5 M	12	48 hs.
18	$Mg^{+}(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	1.0 M	12	120 hs.
19	"	1.0 M	10	48 hs.
20	"	1.0 M	14	24 hs.
21	"	1.0 M	12	120 hs.
22	"	1.0 M	10	48 hs.
23	"	1.0 M	14	24 hs.
24	"	1.0 M	12	120 hs.
25	"	1.0 M	10	48 hs.

Tabla No. 4

ANALISIS DE MUESTRAS AUTOCLAVADAS

Antes de Ataque Químico.

MUESTRA	SiO2	Fe2O3	Al2O3	CaO	MgO	CAL LIBRE	SO3	PxC	NOTAS
1	40.90	1.76	4.25	34.04	5.92	1.1	1.2	12.66	
2	41.40	1.76	4.00	34.32	5.23	0.9	1.3	12.40	
3	40.08	2.72	3.56	34.72	5.11	0.8	1.2	13.10	
4	40.12	2.17	4.41	33.93	5.56	1.0	1.0	12.08	
5	40.68	2.17	3.71	33.09	6.00	1.1	1.3	12.78	
6	40.70	2.03	4.10	33.54	5.80	0.7	1.3	13.34	
7	41.28	1.90	3.86	34.32	5.48	0.9	1.2	13.24	
8	39.48	1.90	3.68	35.40	5.68	0.9	1.2	12.82	
9	39.88	2.98	3.46	34.16	5.48	0.7	1.0	13.88	
10	41.16	2.16	3.85	34.94	5.58	0.9	0.9	13.88	
11	40.82	1.76	4.14	34.72	6.19	0.7	1.2	13.72	
12	40.10	2.31	4.11	33.88	6.33	0.8	1.2	13.06	
13	40.32	1.90	4.25	34.15	5.90	1.0	1.0	12.88	
14	41.50	1.75	3.71	34.70	5.19	1.1	1.3	13.70	
15	41.15	2.96	3.86	34.02	5.48	0.7	1.2	13.72	
16	39.89	2.03	3.46	33.27	6.03	1.1	1.2	13.70	
17	41.02	2.17	4.17	33.55	5.58	0.9	1.0	13.62	
18	40.70	1.73	4.19	34.02	6.00	0.8	1.3	12.79	
19	30.50	1.75	3.80	34.12	5.23	1.0	1.2	12.90	
20	41.21	2.03	4.23	34.15	5.13	0.8	1.2	13.01	
21	41.07	2.17	3.64	34.02	5.17	1.1	1.3	13.34	
22	40.30	2.23	3.72	34.06	6.10	1.1	1.0	13.10	
23	40.17	2.20	4.15	34.17	5.46	0.7	0.9	12.40	
24	41.15	2.96	4.00	33.05	5.20	1.0	1.3	12.98	
25	39.30	1.72	3.87	33.90	6.00	0.9	1.2	13.17	

Tabla No. 5

ANALISIS DE MUESTRAS AUTOCLAVADAS

Después de Ataque Químico.

MUESTRA	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	CAL LIBRE	SO_3	PxC	NOTAS
1	40.30	1.53	4.60	33.87	5.92	1.3	1.2	13.70	
2	41.22	1.62	3.92	33.70	5.17	1.3	1.3	12.97	
3	39.72	2.56	3.48	34.17	5.08	1.2	1.3	13.46	
4	40.21	2.10	4.21	34.00	5.32	1.1	0.9	12.80	
5	40.58	2.17	3.82	34.05	5.98	1.3	1.3	13.01	
6	40.59	2.00	4.10	33.74	5.71	1.0	1.4	13.52	
7	41.26	1.87	3.80	34.12	5.40	1.1	1.1	13.41	
8	39.39	1.92	3.71	35.31	5.71	1.0	1.2	13.00	
9	40.00	2.70	3.37	33.98	5.48	1.2	1.1	14.02	
10	41.16	2.20	3.81	34.87	5.60	1.2	0.8	14.00	
11	40.78	1.74	4.16	34.76	6.15	1.0	1.3	13.90	
12	4015	2.27	4.13	34.01	6.32	1.0	1.2	13.15	
13	40.32	1.83	4.88	34.19	6.00	1.0	1.1	13.00	
14	41.57	1.78	3.82	34.63	5.21	1.3	1.3	.4.00	
15	41.17	2.90	3.85	34.13	5.50	0.9	1.3	14.10	
16	39.87	2.01	3.43	33.15	6.00	1.3	1.1	14.03	
17	39.97	2.15	4.13	33.33	5.61	1.2	0.9	13.89	
18	40.68	1.76	4.21	33.97	6.02	1.1	1.3	12.81	
19	39.47	1.76	3.79	34.00	5.20	1.3	1.3	13.10	
20	41.17	2.00	4.25	34.22	5.12	1.2	1.2	13.27	
21	40.97	2.19	3.67	34.27	5.15	1.4	1.2	13.68	
22	40.40	2.23	3.67	34.16	6.12	1.3	0.9	13.60	
23	40.17	2.21	4.13	34.25	5.50	1.1	0.9	13.02	
24	41.20	3.00	3.93	33.25	5.17	1.0	1.3	13.16	
25	39.21	1.70	4.82	34.02	5.93	1.2	1.2	13.40	

CURADO AUTOCLAVE - (Condiciones del ataque químico)

MUESTRA NUM.	REACTIVO USADO	CONCENTRACION	PH	TIEMPO
1	K_2HPO	0.5 M	10	120 hs.
2	"	0.5 M	12	120 hs.
3	"	0.5 M	14	120 hs.
4	"	0.5 M	10	120 hs.
5	"	0.5 M	12	48 hs.
6	"	1.0 M	14	48 hs.
7	"	1.0 M	10	48 hs.
8	"	1.0 M	12	24 hs.
9	"	1.0 M	14	24 hs.
10	KNO_3	0.5 M	14	120 hs.
11	"	0.5 M	10	120 hs.
12	"	0.5 M	12	120 hs.
13	"	0.5 M	14	120 hs.
14	"	1.0 M	10	48 hs.
15	"	1.0 M	12	48 hs.
16	"	1.0 M	14	24 hs.
17	"	1.0 M	14	24 hs.
18	$KHCO_3$	0.5 M	10	120 hs.
19	"	0.5 M	12	120 hs.
20	"	0.5 M	14	120 hs.
21	"	0.5 M	10	120 hs.
22	"	1.0 M	12	48 hs.
23	"	1.0 M	14	48 hs.
24	"	1.0 M	14	24 hs.
25	"	1.0 M	14	24 hs.

C A P I T U L O C U A R T O.

R E S U L T A D O S Y S U D I S C U S I O N.

RESULTADOS Y SU DISCUSION:

Los resultados obtenidos al efectuar la serie de ataques ya especificados conducen a concluir que ninguno de los iones usados al objeto son un factor considerable en la corrosión de los tubos de asbesto cemento: como ya se ha expuesto los reactivos fueron preparados en una concentración muy por arriba de la encontrada en cualquier tubo de desagüe común y aún en casos especiales, no sobrepasan a la concentración usada en la prueba.

Lo mismo se puede afirmar de la temperatura y de la agitación en las pruebas. El único factor bajo en comparación a las circunstancias de un ducto de uso normal es el tiempo, pero; por ello se hizo uso de temperaturas elevadas y de agitación constante.

CAPITULO QUINTO.

CONCLUSIONES.

CONCLUSIONES.

Al observar los resultados de los diversos ataques puedo afirmar dentro de los limites que mi experiencia me fija, que los reactivos usados, en las condiciones ya detalladas, no son factor de consideración en la corrosión que pueden sufrir los tubos de asbesto cemento fabricados tanto por el sistema de curado normal, como en el de curado en autoclave; y me permito suponer que cualquier factor de corrosión, depende por entero, no del tipo de curado usado, ni de los sistemas de fabricación; sino más bien, o concretamente de la clase de cemento usado, su grado de finura y su composición perfectamente balanceada.

Considero que todos los estudios que se realizen en materia de corrosión para material asbesto cemento se deben hacer con base en los fenómenos químicos que tienen lugar en el fraguado del cemento y en su elaboración con vistas a lograr un material perfectamente estable en su constitución.

B I B L I O G R A F I A.

B I B L I O G R A F I A.

Influencias Fisico-Químicas sobre los Hormigones en maza y armados.

4a. Edición Barcelona 1955

A. KLEINLOGEL.

- -

ASBESTOCEMENTO (Fibrocemento)

1a. Edición Buenos Aires 1952

NICOLAS F. MAGANOFF.

- -

ANALISIS QUIMICO MINERAL.

EUGENIO ZAZ S.J.

- -

NORMA OFICIAL C-12-1960 PARA

TUBO DE PRESION DE ASBESTO CEMENTO PARA ABASTECIMIENTO DE AGUA.

1 9 6 0

S.I. Y C. - D. G. N.

- -