



Kerafruit

JTC

KERAMEN GRUPO

KERXSHIELD

Desarrollo de baldosas cerámicas de alta atenuación de la radiación.

DESCRIPCIÓN BREVE:

Desarrollo de baldosas cerámicas como escudo de apantallamiento para radiaciones ionizantes, primordialmente Rayos X de baja a alta energía, con el fin de constituirse como elemento constructivo alternativo a las soluciones actuales, que se basan en la incorporación de láminas de plomo como aislante de radiación en servicios de

radiología, clínicas dentales, veterinarias, centros de investigación , instalaciones industriales que usen R-X etc.

El proceso de fabricación se diferencia con respecto al de las baldosas cerámicas convencionales, debido a la incorporación en la formulación de la pasta cerámica de una cantidad superior al 50% en peso de fritas de bisilicato de Plomo y/o Bismuto y/o Bario.

El producto KERXSHIELD ha sido desarrollado por Keraben en colaboración con Kerafrit y el Instituto de Tecnología Cerámica , y está protegido por la correspondiente patente y marca registrada.

QUÉ EXISTE EN EL MERCADO?

El propósito de los blindajes en radio protección es el de reducir las exposiciones radiantes de los empleados y público en general a niveles tolerables según la legislación vigente.

El cálculo del blindaje de protección para salas de radiografía general, fluoroscopia, mamografías, TC, etc. se basan en la norma americana NCRP49, el National Council Radiation Protection (NCRP) Nº 147. En el caso de clínicas dentales el cálculo de blindaje para esta especialidad está detallado por el NCRP Report No. 145, Radiation protection in dentistry. Y las instalaciones veterinarias están detalladas en el NCRP Report No. 148, Radiation Protection in Veterinary Medicine.

Gran parte de los equipos utilizados con esas finalidades operan en un intervalo de 60 a 150 kVp (Pico de Kilovoltaje). La magnitud de la radiación a evitar es la dosis efectiva, y su magnitud es el Sievert. Sin embargo muchos instrumentos actualmente son calibrados todavía en términos de la exposición usando la vieja magnitud, el Roentgen.

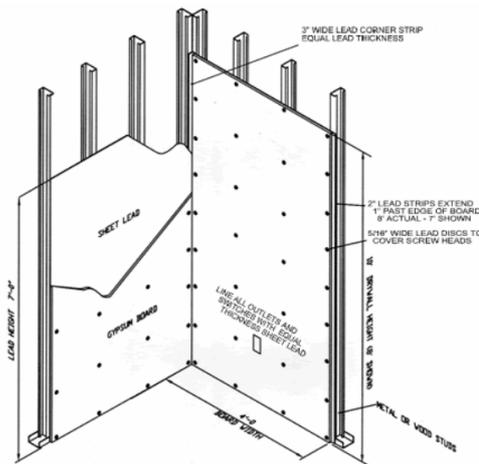
La Dosis Limitante (P) según ARN10.1.1. debe ser:

- Para las Áreas controladas: 20 mSv/año o bien, 100 mSv/5 años (lo que da un promedio de 20 mSv/año) y no mayor de 50 mSv en un año.
- Para las Áreas no controladas: 1 mSv/año.
- Los valores de optimización son 5 mSv/año y 0,1 mSv/año respectivamente.

Para proteger las salas los componentes del blindaje deben cubrir: paredes interiores, puertas, ventanas y suelos.

Con el fin de lograr la atenuación tanto de la radiación primaria como de la secundaria se suelen emplear los siguientes materiales o combinación de los mismos: Plomo (láminas, composite, vinilo), ladrillos, yeso o mortero de barita, bloques de cemento y vidrio o material acrílico plomado.

Para las paredes, aunque existen diversas posibilidades, por cuestión de coste, habitualmente se emplean soluciones basadas en yeso y planchas de plomo en distintos espesores. Las planchas son pegadas entre dos placas de yeso las cuales son atornilladas luego para soportarlas a alguna estructura. Está demostrado que los tornillos metálicos compensan el agujero que podría suponer alguna fuga. Si bien, debe procurarse especial cuidado en las uniones entre placas.



Un ejemplo comercial que mejora esa situación es el producto Knauf Safeboard®, consistente en una placa de yeso cartón de acuerdo con DIN EN 520 y DIN 18 180 que en su núcleo incorpora Sulfato de Bario. Estas placas reemplazan las láminas de plomo que tradicionalmente se utilizan para el blindaje, las cuales podrían considerarse como dañinas para el medio ambiente y peligrosas para la salud de las personas.

No son muy habituales soluciones para paredes basadas en ladrillos, ya que estos atenúan los rayos X de un modo muy variable. En este caso se combinan ladrillos, láminas de plomo y acabados en yeso. De todos modos, sería aconsejable el uso de ladrillos macizos y no huecos. Y debe tenerse presente que el mortero atenúa menos que el ladrillo.

Para las láminas de plomo utilizadas en esa solución y para el uso en puertas, se puede lograr las siguientes protecciones en base al espesor de la lámina de plomo:

Referencia	Largo	Ancho	Voltaje máx kV (rayos X)
1.0mm	6m	60cm	75
1.5mm	4m	60cm	100
2.0mm	3m	60cm	125
2.5mm	2.5m	60cm	150
3.0mm	2m	60cm	170

Las uniones de las placas de plomo entre sí o con otros elementos, debe tener una superposición de aprox. 10 a 15 mm.

Las hojas de la puerta suelen contener 1 o varias láminas de plomo. Un ejemplo comercial es el de MANUSA que contiene dos capas de plomo de 1 mm que se solapan con las inserciones de plomo de las paredes de la sala de radiología para asegurar un perfecto aislamiento.

En muchos productos se indica el nivel de atenuación de la radiación como el equivalente al espesor de una lámina de plomo de xxx milímetros de espesor.

Para las ventanas debe usarse vidrio o perspex plomados. La atenuación de la radiación en vidrio normal es variable e impredecible, por ello el vidrio normal (sin plomo en cantidad especificada) no es aceptable como material de blindaje.

Un ejemplo comercial de vidrios aptos para este uso es el caso del vidrio SCHOTT RD 50®, que contiene óxido de plomo representando el 65% del peso. Este producto cumple las normas UNE 61331-2 e IEC 61331-2.

El hormigón, también se emplea (dependiendo del tipo de instalación) como elemento de blindaje en paredes, suelos y techos. Se utiliza para estos casos el hormigón barítico de alta o muy alta densidad (superior a 2.800 o 3.200 kg/m³ respectivamente), cuando un hormigón normal cuenta con una densidad de 2.200 a 2.300 kg/m³ y un hormigón liviano tiene una densidad por debajo de los 1.800 Kg/m³.

Existen soluciones comerciales destinadas a este uso como es el caso del H-Barita de la Cementera HEIDELBERG, con una densidad superior a 2.800 Kg/m³.

Para el cálculo de la atenuación de la combinación de diversos materiales, dado la complejidad de las situaciones a resolver, existen programas comerciales como MERCURAD MERCURE-IV y MICROSIELD:

VENTAJAS DE ESTA SOLUCIÓN SOBRE LAS EXISTENTES

Como hemos descrito previamente existen en la actualidad diversas soluciones para proteger paredes, suelos y techos de las radiaciones ionizantes, como son placas de yeso con núcleo aislante (plomo o bario), hormigones especiales, vidrios plomados, encastrado de láminas de plomo, etc.

El empleo del nuevo tipo de baldosas cerámicas con capacidad atenuadora para este tipo de radiaciones aporta diversas ventajas sobre los otros materiales que a continuación pasaremos a describir, pero sin dejar de lado el valor añadido que supone de por sí el hecho de la utilización de cerámica como material de recubrimiento de superficies por ser una solución de gran durabilidad, altamente higiénica, resistentes al ataque ácido, resistentes al rayado, resistente al fuego, etc.

Afectando directamente a la funcionalidad que nos ocupa, cabe destacar que:

- 1) La baldosa cerámica es una forma segura de utilizar plomo. Esto es así porque la baldosa incorporará el elemento atenuador directamente en la formulación del cuerpo cerámico, es decir no se basa en el uso de una lámina metálica adherida a la pieza. El plomo, por ejemplo, puede adicionarse junto con el resto de materias primas pero en forma de frita cerámica. La frita cerámica es un producto intermedio consistente en compuestos vítreos insolubles en agua, obtenidos por fusión a temperatura elevada (1500°C) y posterior enfriamiento rápido de la mezcla, lo que amplía el intervalo de temperaturas de cocción del esmalte que la incorpora, pero al mismo tiempo garantiza la seguridad tanto de operación como de uso del producto final al conseguir ya en origen insolubilizar productos peligrosos como el plomo, que quedan así inertizados. Esta es la característica fundamental de este producto: la incorporación de elementos atenuantes de la radiación, pero en una forma

inerte-, formando parte de una estructura mixta vítrea y cristalina-, que lo hacen seguro tanto para la manipulación como para la gestión de residuos (restos de materiales de construcción , derribos etc.). Se han efectuado ensayos de solubilidad y se ha comprobado que las baldosas así producidas no lixivian plomo (Norma UNE- EN 12457.2003 , Ensayos realizados por el Instituto de Tecnología Cerámica confirman que el producto Kerxshield puede clasificarse como RESIDUO INERTE (Artículo 16 , Anexo II de la Directiva 1999/31/CEE) . En esta normativa se establecen tres tipos de residuos : residuos inertes , residuos no peligrosos y residuos peligrosos , y los criterios de admisión de dichos residuos en los diferentes vertederos se basan en la concentración de ciertos elementos que son lixiviados tras mantener el residuo en agitación en agua con una relación líquido/sólido de 10L/Kg. El límite establecido para el Pb es de 0.5 mg/kg , y el producto Kerxshield da un valor <0.2 mg/kg.

Las baldosas cerámicas pueden ser esmaltadas o no esmaltadas , las esmaltadas constituirían la cara vista (superficie) , y las no esmaltadas podrían colocarse en capas interiores superpuestas cuando se requiera un alto poder de atenuación .

- 2) La incorporación en forma de frita permitirá emplear diversos elementos atenuantes a la vez. La incorporación tanto de Plomo como de otros elementos atenuantes como Bismuto o Bario en forma de frita, permite incorporar alguno de ellos o todos ellos en la misma pieza, lo que permite mejorar el rendimiento de esta, ya que según bibliografía se ha demostrado que el efecto de la combinación es superior a la adición de los efectos individuales.
- 3) La combinación de elementos atenuantes mejora la respuesta de la pieza ante diferentes potencias de radiación. Hay elementos que actúan mejor apantallando radiación de baja energía y otras con radiaciones de alta energía. La combinación de dichos elementos en el cuerpo de la baldosas protege contra un abanico más amplio de posibilidades.
- 4) Instalación sobre substrato pre-existente. La baldosa cerámica (en una o varias capas) puede instalarse en una pared ya existente. Las soluciones con placas de yeso, hormigón, etc. requieren construir paredes nuevas.
- 5) La baldosa cerámica requiere menos espacio. El espesor de la baldosa es menor que el de las alternativas basadas en placas de yeso o en muros de hormigón (en este caso se requieren grandes espesores).
- 6) Minimiza la problemática de la integridad del blindaje. El uso de soluciones basadas en láminas supone un problema de penetraciones cuando estas se clavan generándose orificios adicionales a las existentes juntas, o en el caso del uso de pegamentos que estas se despeguen del sustrato (no todos los

pegamentos son adecuados para el plomo –oxidación de la superficie de plomo–) con el consecuente peligro de fuga masiva.

- 7) Minimiza la problemática de la continuidad del blindaje. El efecto de uniones con solapamiento parcial de las láminas puede conseguirse fácilmente en las baldosas cerámicas con un machihembrado o ingletado. Así se puede minimizar la problemática de juntas y esquinas que afectan por igual a soluciones de tipo placa o baldosas.
- 8) Soluciones basadas en la adición de varias capas de recubrimiento requieren menos espacio en el caso de las baldosas cerámicas. La colocación trabada minimiza a su vez las posibilidades de fugas por juntas.
- 9) La solución basada en baldosas es mucho más ligera que la basada en paredes de hormigón de alta densidad. Además resulta más fácil efectuar instalaciones que requieran perforaciones.
- 10) La capacidad de atenuación de la baldosa cerámica es muy alta , ya que el contenido en elementos activos (Plomo – Bismuto – Bario) es superior al 35 % , es decir , una baldosa cerámica KERXSHIELD de 10 mm de espesor , equivale a una lámina de Plomo , de 1.4 mm de espesor.
- 11) Las fritas de Plomo – Bismuto – Bario , pueden utilizarse , una vez micronizadas , para la preparación de los cementos de las juntas haciendo la función de áridos , logrando que las juntas sean así también pantallas para la radiación.

FABRICACIÓN DEL PRODUCTO

Las sucesivas etapas del proceso de fabricación de este tipo especial de baldosas cerámicas son equivalentes al de las baldosas convencionales, diferenciándose básicamente en la formulación de la pasta cerámica y la adaptación de los distintos parámetros de proceso a las características y comportamiento del nuevo material.

La producción se realiza a partir de una formulación de materias primas, principalmente arcillas y fritas que llevan los elementos activos y se someten a un tratamiento de molturación en vía húmeda y posterior granulación por atomización. La pasta atomizada se prensa y seca, conformándose así las piezas en crudo. Este soporte a continuación recibe en superficie una capa de esmalte sobre la que se efectúa la decoración de la misma. Esta capa constituirá un acabado superficial vidriado que protege al soporte y le confiere su aspecto estético. Posteriormente, las piezas son

introducidas en un horno monoestrato de gas natural donde son sometidas a un ciclo térmico a alta temperatura que conduce al producto final deseado.

El proceso cerámico comienza con la selección de las materias primas que deben formar parte de la composición de la pasta, y que fundamentalmente son minerales naturales tales como arcillas, feldespatos, arenas, carbonatos y caolines , además de las fritas que son las que diferencian a este producto .

Su proporción en la composición de la pasta cerámica debe ser tal que la haga idónea al proceso de fabricación a emplear y permita obtener el producto final con las propiedades deseadas.

La baldosa a desarrollar en este proyecto va destinada al recubrimiento de paredes y/o de suelos-. Las características de este tipo de baldosas permiten utilizarlas en paredes y también en pavimentos-.

De este modo el desarrollo del producto ha consistido en el desarrollo de una pasta cerámica apta para ser utilizada en el proceso industrial de fabricación de piezas cerámicas-: molturación , atomizado , conformado de la pieza por prensado , secado , esmaltado , decoración y cocción . Se ha conseguido así una pasta cerámica en la que las fritas cerámicas han aportado una cantidad de óxidos adecuada para el tipo de producto de alta atenuación de la radiación , manteniendo a su vez un balance apropiado entre materiales de comportamiento plástico y comportamiento no plástico o desengrasante (la proporción entre estos dos tipos de materiales debe ser tal, que la mezcla obtenida sea tan plástica como para poder realizar un correcto moldeo de la pieza, y a la vez conferir a ésta la suficiente resistencia en crudo como para permitir procesarla).

Los parámetros de proceso para este tipo de producto son:

Índice de plasticidad: 20-40

Defloculación: Contenido en sólidos >65% en peso / Defloculante <1%

Dap en seco (g/cm³) para P=300 kg/cm² y H=5,5%: >1,85 gr/cm³

Baja Expansión Post-Prensado: <0,6%

Baja contracción de secado: <0,2%

Alta resistencia mecánica en seco: >30 kg/cm²

Baja contracción por cocción: < 1,5%

Baja absorción de agua : < 0.5%

Baja expansión por humedad: <0,06%

Temp. de Cocción: 950 - 1150 °C

Materia Orgánica < 0,3%

Sulfatos solubles < 0,2%

VARIACIONES:

Para el producto final tenemos la posibilidad de que en su composición cuente con una frita de bisilicato de plomo, que es una frita de plomo y sílice, que utilizada en sustitución del plomo, mantiene las características atenuantes de radiación de este, evitando la solubilidad y toxicidad del mismo.

Así mismo, se prevé el empleo de fritas de silicato de Bismuto en sustitución de la frita de bisilicato de plomo, con el fin de evitar el uso del Plomo.

Ambas fritas podrán emplearse solas o en combinación con una frita en la que se incorpore Bario.

En todas esas fritas el elemento activo está en una proporción > 60 %

El producto KERXSHIELD permite adecuar las composiciones de Plomo – Bismuto – Bario , en las proporciones que interese según el destino final del producto (atenuación de radiaciones de mayor o menor energía) .

Las piezas cerámicas KERXSHIELD pueden suministrarse esmaltadas o no esmaltadas , las esmaltadas , con decoraciones que pueden personalizarse por sistemas de decoración digital , y las no esmaltadas que se utilizarán en capas inferiores a las esmaltadas , cuando se precisen niveles de atenuación extremadamente altos , superponiendo así las juntas y minimizando así la radiación .

Las piezas cerámicas KERXSHIELD pueden fabricarse en formatos y decoraciones diferentes-, igual que la piezas cerámicas habituales

BIBLIOGRAFÍA

- Radiation shielding for diagnostic X Rays. BIR report (2000) Ed. D.G. Sutton & J.R. Williams
- National Council on Radiation Protection and Measurements “Structural Shielding Design and Evaluation for Medical Use of X Rays and Gamma rays of Energies up to 10 MeV” Washington DC: 1976 (NCRP 49).
- New concepts for Radiation Shielding of Medical Diagnostic X Ray Facilities, D. J. Simpkin, AAPM Monograph The expanding role of medical physics in diagnostic radiology, 1997
- Diagnostic X-ray shielding design, B. R. Archer, AAPM Monograph The expanding role of medical physics in diagnostic radiology, 1997

- <http://www.plataformaarquitectura.cl/catalog/cl/products/396/safeboard-placa-de-blindaje-contra-rayos-x-knauf>
- <http://www.manusa.com/es/productos/puertas-automaticas/hermeticas/puertas-hermeticas-radiologia>
- <http://www.schott.com/architecture/spanish/products/radiation-shielding-glass/rd50.html?so=iberica&lang=spanish>
- <http://www.heidelbergcement.com/es/es/hanson/hormigon/hormigones-especiales/hbarita.htm>
- <http://radiationsoftware.com/microshield/>

- http://www.canberra.com/fr/produits/waste_safeguard_systems/systems-software.asp?Accordion1=1