

REFRACTARIOS EN LOS HORNOS DE CERÁMICA.

CARACTERÍSTICAS, CONCEPCIÓN Y TECNOLOGÍA

La utilización de quemadores de alta velocidad, los desarrollos de la industria de los materiales refractarios y las mejoras en control e informatización, están en la base de la importante evolución de los hornos en estos últimos años.

ORIO L FELISART

LICENCIADO EN QUÍMICAS, POSTGRADO EN INGENIERÍA DEL PETRÓLEO Y PETROLQUÍMICA, DIRECTOR DE PRODUCCIÓN DE KILNOGY, S.A.

1. EVOLUCIÓN DE LOS HORNOS Y REFRACTARIOS

Las condiciones de competencia en las que se enmarca la industria cerámica obligan a cocciones cada vez más rápidas. Se entienden como cocciones rápidas las que emplean de 1/2 a 4 h "frío-frío", y semi-rápidas o aceleradas de 4 a 12 h. La cocción rápida presenta las siguientes ventajas:

-Económicas: Reducción del consumo específico, disminución del inmovilizado en material cocido y en refractarios auxiliares, menor índice de rechazos por un control mejorado y una operación "on line", menor inversión en hornos y espacio ocupado, mayor automatización, posibilidad de control remoto de los hornos: menor necesidad de personal.

-Ecológicas: Menor emisión de CO₂ y menor emisión de flúor debido a un tiempo más reducido de permanencia a temperatura.

Los quemadores de alta velocidad han permitido variar y flexibilizar la geometría de los hornos, siendo posibles anchuras de pared a pared del orden de 5 m en hor-

nos intermitentes (10 m en hornos túneles para tejas o ladrillos).

La informatización está incidiendo sobre la flexibilidad del control de las variables del proceso de la cocción de cerámica. Este control se ha hecho más preciso y localizado, no sólo para temperaturas y atmósferas de cocción sino que incide en los factores responsables de la transferencia del calor (por ejemplo modo de funcionamiento de los quemadores, geometría de llama...) Anteriormente se confiaba exclusivamente a la geometría del horno y a la concepción en origen de los sistemas de combustión (esto era rígido y no se podía cambiar).

En tecnología actual de hornos, de alguna manera podemos hablar, del "hard" que debe ser fiable, abierto y flexible, y del "soft" en que en cada vez mayor medida, es donde residen las características de comportamiento en forma de programa.

Con el paso del tiempo y en función de las necesidades, el "soft" puede irse actualizando de forma sencilla y poco costosa, incluso en ocasiones sin necesidad de desplazamiento, a través de un módem y una línea telefónica.

Esta evolución no hubiera sido posible sin el concurso de los nuevos y mejores productos refractarios puestos a punto por la industria (mejores ladrillos refractarios ligeros, materiales fibrosos y refractarios de enhornamiento).

2. FUNCIONES DE LOS REFRACTARIOS UTILIZADOS

En los hornos de cerámica, los refractarios son utilizados para las siguientes funciones:

- Aislantes, constituyendo las paredes del recinto del horno.
- Elementos de soporte o transporte de la carga, como es el caso de los rodillos.
- Refractarios de enhornamiento necesarios para mantener los productos en la posición requerida mientras se cuecen.
- Especiales como toberas de quemador, soportes de diversas funciones en los hornos, muflas...

Estos materiales deben hacer frente a las mayores exigencias que demanda la técnica de cocción moderna.

Entre las propiedades necesarias podemos citar:

- Poder aislante mejorado (menor conductividad)
- Menor acumulación de calor.
- Estabilidad y resistencia mecánica y piroplástica.
- Comportamiento neutro frente a las variaciones de la composición de las atmósferas.

3. CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DE LOS MATERIALES AISLANTES

Los materiales aislantes son fundamentales porque constituyen los elementos de construcción de los hornos. Los hornos intermitentes deben sufrir variaciones de temperatura cada vez más rápidas. Los hornos continuos también son sometidos a tensiones, puesto que frecuentemente se les apaga o se les pone en temperatura de espera durante el fin de semana.

Precisando más las propiedades exigidas éstas son:

- Menor densidad aparente por la utilización de ladrillos refractarios ligeros mejorados o fibras de baja contracción.
- Temperaturas de aplicación comparativamente más elevadas, dilatación térmica reversible menor y más uniforme.
- Post contracción y post dilatación controladas y sin efecto para la estabilidad y duración del revestimiento.
- Conductividad térmica comparativamente menor a temperaturas superiores de uso.
- Resistencia al choque térmico.
- Alta precisión dimensional, homogeneidad de propiedades.
- Resistencia química y mecánica a los gases liberados por los productos y a los de combustión.

El poder aislante está habitualmente en relación inversa con la temperatura máxima de uso, por esto se utilizan comúnmente construcciones multicapa, permitiendo utilizar materiales de menor conductividad a medida que disminuye la temperatura dentro de la pared del horno.

3.1 REVESTIMIENTOS MODERNOS EN LADRILLO REFRACTARIO

Los revestimientos basados en ladrillos refractarios han sufrido una gran evolución, en parte a causa de su competencia con los aislamientos basados en materiales fibrosos. Desde mediados de los años 60 han pasado de unos espesores del orden de 1 m, cuando se empleaban ladrillos densos, hasta una tercera o cuarta parte debido a la mejora en los materiales y a los ciclos más cortos.

Las bóvedas suspendidas permiten construir hornos de cualquier anchura. La menor densidad y espesor posibilita estructuras metálicas de soporte ligeras. Actualmente los hornos con aislamiento refractario ligero pueden prefabricarse modularmente, transportarse e instalarse rápida y económicamente en su localización final.

Un revestimiento refractario ligero realizado con ladrillos de calidad presenta una acumulación de calor comparativamente mucho más elevada que uno fibroso, pero en cambio y en términos generales, tiene un poder aislante mejor en las altas temperaturas. En efecto, la conductividad del material refractario ligero crece menos con las temperaturas que con el del fibroso.

Por esto, en paredes de refractario ligero bien aisladas y en aplicaciones de temperatura moderadamente elevadas, generalmente no resulta ventajoso revestir el interior del horno con módulos de tapizar, por la poca disminución de la temperatura superficial del refractario y el coste.

En definitiva, un aislamiento en refractario ligero correctamente concebido, ejecutado con materiales de calidad puede ser la mejor opción en multitud de hornos. Remarcar en este caso, la importancia de la calidad de los ladrillos: no ya en que disponga de las características descritas en cuanto al aislante como son la densidad y la conductividad adecuadas, sino que sean útiles para la aplicación en concreto. Estas deben tener la composi-

ción mineralógica correcta y esto no se ve en las composiciones químicas en forma de porcentajes de alúmina, sílice, etc. Por ejemplo es muy importante el contenido de sílice libre, es decir, no combinado químicamente. Todo esto es vital para la duración del horno.

Los ladrillos deben utilizarse a una temperatura máxima inferior en 100-150 K a las temperaturas límite también llamadas "de clasificación":

Clasificación ASTM					
20	23	26	28	30	32
Temp. Límite					
1100°C	1260°C	1430°C	1540°C	1650°C	1760°C

3.2 REVESTIMIENTOS EN FIBRA

Las fibras refractarias se caracterizan por una densidad muy baja (de 100 a 300 kg/m³) y por tanto una acumulación de calor también muy baja por unidad de volumen del aislamiento. Su resistencia al choque térmico es excelente. La baja conductividad es muy favorable para temperaturas bajas y medias, no tanto para las altas. Tampoco es muy buena su resistencia mecánica, aunque esto no es determinante en muchos casos.

Permite estructuras aún más ligeras y facilita la fabricación modular y la puesta en servicio más rápida y económica que los hornos construidos con revestimiento en ladrillo refractario ligero. En general, salvo para aplicaciones y presentaciones especiales, el precio del material y su instalación por m³ de revestimiento es notablemente favorable a los aislamientos fibrosos. Por este motivo es o ha sido el revestimiento de elección en muchos casos en los últimos 20 años.

Un inconveniente importante de los aislamientos a base de fibras refractarias es su post contracción o encogimiento una vez instalado. En la práctica puede hacerse tolerable o controlarse con una utilización y una técnica de montaje adecuada, basada en la experiencia acumulada.



Actualmente se construyen hornos con revestimientos casi totalmente fibrosos sin necesidad alguna de rejuntado a lo largo de toda la vida del horno.

Análogamente las fibras deben utilizarse a una temperatura máxima inferior en 100-150 K a las temperaturas de clasificación (usualmente 1260°C, 1430°C y 1600°C).

El futuro de estos refractarios es incierto debido a su clasificación como materia potencialmente peligrosa para la salud, que opino es excesiva. Nosotros hemos constatado en el mercado europeo, no así en España, un cierto temor desde hace un año y medio aproximadamente hacia los aislamientos con fibra vista, cuando se trata de decidir la compra de un horno nuevo, por el riesgo que consideran existe de que sea prohibido completamente su uso en el futuro.

4. RÉGIMEN DE TRABAJO DE LOS HORNOS Y REVESTIMIENTOS APROPIADOS

El antagonismo entre disipación de calor por unidad de tiempo y superficie de un revestimiento frente a calor acumulado por unidad de superficie de horno, que es uno de los criterios de selección del mismo, es obvio que para operación continua tiene mayor interés económico una menor disipación del calor por unidad de tiempo que el calor acumulado, puesto que esta se realiza solamente a la puesta en régimen del horno.

Inversamente, en operaciones intermitentes en que cada vez se calienta y se enfría el horno junto con la carga, tiene mayor importancia una moderada acumulación del calor frente a una teóricamente más elevada disipación. Muchas veces esta disipación no se establece, puesto que sólo llega a desarrollarse parcialmente el perfil de temperatura estacionario en el grueso del aislamiento. En estos casos es aceptable un aislamiento menos grueso, en comparación de un horno que trabaje a régimen continuo.

Optimización económica de los aislantes
Además del criterio mencionado, para la selección de un aislante en una aplicación concreta deben considerarse entre otros:

- La importancia relativa que tiene el calor acumulado y el disipado en el consumo energético total. Esta es mayor en hornos relativamente pequeños y con cargas ligeras.
- El período de amortización en base al ahorro energético de los sobrecostos que significan aislamientos más eficientes.
- La influencia que sobre la calidad de los productos pueda tener el aislamiento.

El criterio determinante, no obstante, es la calidad y la resistencia del aislamiento. Los problemas en el aislamiento comprometen la eficacia de funcionamiento del horno y la continuidad y calidad de la producción, y en definitiva, la duración del mismo. La vida estimada de un horno no es inferior a 10 años. No puede escatimarse en la calidad y la resistencia del aislamiento.

Un aislamiento inadecuado producirá en algunos casos mermas en producción por contaminación de la carga y/o obligará a interrumpir la producción incurriendo en costosas reparaciones. La evaluación económica de estos inconvenientes probablemente superará cualquier otra consideración técnica de ahorro energético. Así pues la resistencia del revestimiento es, en la mayoría de los casos, el criterio esencial.

Aislantes comúnmente empleados:

En los revestimientos refractarios ligeros se utilizan, como ha sido mencionado, y con excelentes resultados, construcciones cementadas de mampostería en muros junto con bóvedas suspendidas ejecutadas con elementos prefabricados suministrados por los proveedores de refractarios.

Nuestra empresa ha desarrollado un revestimiento refractario denominado DumHInsulation (Aislamiento Dum para Alta Temperatura) constituido por ladrillos refractarios aislantes mecanizados a medidas exactas, que posteriormente son encajados sin mortero alguno para constituir el revestimiento del horno. Puesto que cada elemento del revestimiento está libre para experimentar las dilataciones y contracciones, es particularmente adecuado para ciclos rápidos y altas temperaturas en hornos intermitentes.

Los revestimientos fibrosos se realizan en su mayor parte con módulos asimismo prefabricados suministrados por los proveedores de refractarios. Están provistos de soportes generalmente metálicos para

su anclaje a la estructura metálica del horno. Se utilizan indistintamente en paredes y muros.

En el campo de los aislamientos fibrosos, nuestra empresa ha desarrollado el revestimiento mixto refractario/fibra denominado Dum Linsulation (Dum Low Insulation), aislamiento Dum para baja temperatura. Está realizado por secciones o franjas de fibra prensada adherida lateralmente a columnas de ladrillos refractarios aislantes. Esta particular disposición logra en la práctica controlar perfectamente el natural encogimiento del material fibroso. El resultado es un revestimiento casi totalmente fibroso pero que no hace falta mantener (retacar) durante toda la vida del horno.

7. REFRACTARIOS DE SOPORTE, AUXILIARES DE ENCONAMIENTO Y DE TRANSPORTE

Los materiales de enhornamiento son productos refractarios altamente resistentes al choque térmico. Por esta razón y para minimizar su peso deben tener el espesor mínimo posible.

-Materiales en cordierita-mullita:

En función de la temperatura y de la carga, así como del tiempo de cocción, la estructura de los materiales cordieríticos

puede enriquecerse con Mullita en mayor o menor grado. El porcentaje de Cordierita garantiza la resistencia a los choques térmicos, mientras que la Mullita aporta estabilidad mecánica. Son materiales muy utilizados en forma de placas, soportes, etc y dan un excelente resultado.

-Materiales de enhornamiento y de transporte en cerámica de óxidos:

Constituidos principalmente por productos basados en el óxido de aluminio. Son materiales resistentes a altas temperaturas con propiedades térmicas y mecánicas óptimas. Se distingue entre materiales porosos y materiales densos. Han encontrado una utilización preferente como rodillos de transporte.

Actualmente estos rodillos se utilizan hasta temperaturas de 1300°C o algo más. Su porcentaje de alúmina varía entre el 65 y el 75 %. Su cuidadosa fabricación está aumentando paulatinamente su resistencia mecánica y su temperatura máxima de utilización. Sin embargo, su resistencia a la flexión bajo carga sigue siendo limitada.

-Materiales de enhornamiento y de transporte en cerámica no oxidada:

Los materiales de este grupo comúnmente utilizados en la industria cerámica son los carburos de silicio. Se distinguen por

una alta dureza y una excelente resistencia a las altas temperaturas para las que constituyen un material insustituible. Se utilizan actualmente los siguientes productos de SiC:

SiC infiltrado con Si libre: se utiliza en forma de placas, barras y rodillos para temperaturas de hasta 1250-1300°C. Está caracterizado por una resistencia a la flexión particularmente alta. Su temperatura máxima está limitada por la evaporación del silicio por encima de 1300°C.

SiC recristalizado: se aplica en forma de placas, barras y rodillos para temperaturas superiores a 1300°C y hasta 1600°C. SiC aglomerado con nitruros o nitruros de silicio: utilizados como soportes de cocción.

CONCLUSIONES

La industria de los materiales refractarios ha puesto a disposición de los constructores de hornos y de los usuarios de la industria cerámica unos recursos que, junto con otros avances y técnicas aplicadas a los hornos, han posibilitado un avance tecnológico significativo.

Los materiales refractarios modernos permiten la concepción de hornos mucho más rápidos y flexibles, que contribuyen a una producción sin defectos y que consumen y operan más económicamente.