

REVESTIMIENTOS DE FIBRA CERÁMICA

GENERALIDADES Y CRITERIOS DE DISEÑO

INTRODUCCIÓN

La utilización de fibras cerámicas como material de aislamiento y revestimiento en equipos de alta temperatura se ha consolidado como una alternativa eficiente frente a los sistemas refractarios convencionales, especialmente en aquellas aplicaciones donde resultan relevantes la eficiencia energética, la rapidez de puesta en servicio, la reducción de peso y la posibilidad de realizar ciclos térmicos más rápidos.

Sin embargo, el correcto desempeño de un revestimiento de fibra cerámica no depende únicamente de la calidad del material seleccionado. La temperatura de operación, la temperatura admisible de la cara fría, las pérdidas de calor requeridas, la velocidad y turbulencia de los gases, la atmósfera del equipo, el combustible utilizado, el sistema de fijación y la configuración de las distintas capas son factores que deben analizarse conjuntamente.

En este boletín presentamos los principales sistemas de revestimiento con fibra cerámica, sus características y ventajas, junto con los criterios fundamentales para su diseño. Se abordan especialmente los sistemas multicapa y modulares, la selección de materiales de cara caliente y de respaldo, el cálculo del espesor del aislamiento, la selección de anclajes y retenedores y los criterios básicos para la distribución y ejecución de las juntas.

El objetivo es brindar a ingenieros, responsables de mantenimiento y usuarios de equipos térmicos una herramienta técnica que contribuya a una correcta especificación del revestimiento y, consecuentemente, a obtener un funcionamiento seguro y eficiente del equipo.

Como en todo sistema de aislamiento de alta temperatura, la selección definitiva de materiales, espesores y sistemas de anclaje debe adecuarse a las condiciones reales de operación y sustentarse en el correspondiente análisis térmico y mecánico.

INFORMACIÓN GENERAL SOBRE REVESTIMIENTOS DE FIBRA CERÁMICA

Existen diferentes tipos de revestimientos de fibra cerámica, según su forma de instalación:

1. Revestimiento multicapa.
2. Revestimiento modular con sistemas de anclaje incorporados.
3. Revestimiento modular pegado.
4. Revestimiento de fibra colocado sobre un revestimiento refractario preexistente.
5. Revestimiento de fibra colocado sobre otro revestimiento de fibra.

1. REVESTIMIENTO MULTICAPA

Los revestimientos multicapa están constituidos generalmente por una capa de manta o placa de fibra cerámica que conforma la cara caliente, complementada con una o más capas de material aislante de respaldo.

El sistema se fija a la carcasa del equipo mediante pernos o anclajes metálicos o cerámicos, utilizando retenedores adecuados para mantener la fibra en posición.

La cantidad y el espesor de las capas de aislamiento deben determinarse en función de las condiciones de operación y de la temperatura de cara fría requerida.

2. REVESTIMIENTO MODULAR CON SISTEMA DE ANCLAJE INCORPORADO

Los módulos de fibra cerámica están constituidos por mantas de fibra plegadas y comprimidas, incorporando elementos de fijación que permiten su montaje sobre la carcasa del equipo.

Este sistema permite obtener una superficie continua de fibra cerámica, con una elevada capacidad de recuperación frente a las contracciones que puedan producirse durante el servicio.

3. REVESTIMIENTO MODULAR PEGADO

En este sistema, los módulos de fibra cerámica son fijados a la superficie mediante materiales adhesivos o cementos adecuados para las condiciones de temperatura y servicio.

La preparación de la superficie y la correcta aplicación del adhesivo son factores importantes para garantizar la adherencia y estabilidad del revestimiento.

4. FIBRA CERÁMICA SOBRE UN REVESTIMIENTO REFRACTARIO PREEXISTENTE

La fibra cerámica puede instalarse sobre un revestimiento refractario existente.

Una alternativa consiste en utilizar módulos pegados sobre la superficie refractaria.

Otra posibilidad consiste en realizar perforaciones en el revestimiento existente, colocar pernos de acero inoxidable o cerámicos y fijar mediante ellos las capas de manta de fibra cerámica.

5. FIBRA CERÁMICA SOBRE OTRO REVESTIMIENTO DE FIBRA

También es posible instalar una nueva capa de fibra cerámica sobre un revestimiento de fibra existente, siempre que las condiciones del revestimiento base y del servicio permitan esta configuración.

La selección del sistema debe realizarse considerando las condiciones particulares de operación del equipo.

VENTAJAS DE LOS REVESTIMIENTOS DE FIBRA CERÁMICA

Las fibras cerámicas son utilizadas industrialmente desde la década de 1970. El incremento de los costos energéticos y la necesidad de reducir el consumo de combustible y las emisiones asociadas han favorecido la utilización de estos materiales en diferentes aplicaciones de alta temperatura.

Entre sus principales ventajas se encuentran:

- Reducción del consumo de combustible.
- Bajo peso del revestimiento.
- Menor costo y tiempo de instalación.
- Facilidad de reparación y mantenimiento.
- Menor acumulación de calor.
- Menores tiempos de calentamiento y enfriamiento.
- Posibilidad de reducir los tiempos de ciclo.
- Mayor productividad en determinadas aplicaciones.

Los revestimientos de fibra cerámica pueden alcanzar una reducción de peso significativa respecto de los revestimientos refractarios convencionales. En términos indicativos, la fibra puede resultar aproximadamente

un 75 % más liviana que un ladrillo refractario aislante y entre un 90 y un 95 % más liviana que un refractario denso.

Una característica importante de la fibra cerámica es su baja capacidad de almacenamiento térmico. Debido a su reducida masa térmica, una menor cantidad de energía debe emplearse para llevar el revestimiento hasta la temperatura de operación. Del mismo modo, durante el enfriamiento se libera una menor cantidad de energía almacenada.

Esta característica puede resultar particularmente beneficiosa en equipos que trabajan con ciclos frecuentes de calentamiento y enfriamiento.

La fibra cerámica presenta además una elevada resistencia al choque térmico, debido principalmente a su baja masa y a la flexibilidad de su estructura fibrosa.

Su baja conductividad térmica permite obtener una elevada eficiencia térmica y, en determinadas aplicaciones, alcanzar las temperaturas de cara fría requeridas con espesores de revestimiento menores que los correspondientes a otros sistemas.

No obstante, el espesor definitivo debe determinarse mediante el correspondiente cálculo térmico y considerando las condiciones específicas de cada equipo.

La flexibilidad y bajo peso de la fibra también facilitan su manipulación, instalación y reparación.

Otra característica importante es la posibilidad de realizar la puesta en servicio rápidamente luego de finalizada la instalación, debido a que no requiere los mismos períodos de secado y curado que determinados revestimientos refractarios húmedos.

CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

Para diseñar correctamente un revestimiento de fibra cerámica deben considerarse, entre otros, los siguientes factores:

- Temperatura máxima de operación.
- Temperatura de cara fría requerida.
- Pérdida de calor admisible.
- Velocidad de los gases.
- Turbulencia.
- Atmósfera existente dentro del equipo.
- Tipo de combustible utilizado.
- Características químicas de la atmósfera.
- Sistema de fijación.
- Configuración y espesor de las diferentes capas.

En el caso de los revestimientos multicapa, deben definirse tanto el material que estará expuesto directamente a la temperatura de operación como los materiales que constituirán el aislamiento de respaldo.

La selección de estos materiales debe realizarse teniendo en cuenta no solamente su temperatura nominal de clasificación, sino también la temperatura real de servicio y las condiciones particulares de la aplicación.

SELECCIÓN DEL MATERIAL DE CARA CALIENTE

Las mantas de fibra cerámica estándar consideradas en este boletín presentan temperaturas de clasificación de aproximadamente:

- 1260 °C (2300 °F).
- 1427 °C (2600 °F).

Las mantas pueden experimentar contracción a temperaturas superiores a aproximadamente 982 °C, por lo que la temperatura de operación debe considerarse cuidadosamente al seleccionar el material de cara caliente.

Para aplicaciones con temperaturas de hasta aproximadamente 1149 °C puede utilizarse una manta de clasificación 1260 °C como cara caliente.

Para temperaturas superiores, se recomienda considerar una manta de clasificación 1427 °C.

La densidad indicada para las mantas es de aproximadamente: **128 kg/m³ (8 lb/ft³)**.

ESPESOR DE LA CARA CALIENTE

Como criterio general indicado en el documento, para muchas aplicaciones se recomienda utilizar una capa de aproximadamente: **25,4 mm (1")**.

Para mantas de clasificación 1427 °C pueden utilizarse espesores de: **38 mm (1,5") o 51 mm (2")**.

La selección definitiva deberá realizarse de acuerdo con la temperatura de servicio, las condiciones de los gases y el cálculo térmico correspondiente.

ATAQUE QUÍMICO

Las fibras cerámicas pueden verse afectadas por determinadas condiciones químicas presentes en la atmósfera del equipo.

La presencia de álcalis y otros componentes químicos puede producir ataque sobre la fibra, por lo que la selección del material debe contemplar la composición de la atmósfera y los posibles contaminantes presentes durante el servicio.

VELOCIDAD DE LOS GASES

La velocidad de los gases constituye un factor importante en el diseño de revestimientos de fibra cerámica.

Como referencia, para determinadas aplicaciones se considera una velocidad de gases de aproximadamente: **12,2 m/s (40 ft/s)**.

En determinadas condiciones, y utilizando materiales adecuados, pueden considerarse velocidades superiores, del orden de: **30,5 m/s (100 ft/s)**.

La temperatura de los gases también debe ser considerada. Por ejemplo: **2000 °F ≈ 1093 °C**.

Cuando se utilizan mantas expuestas directamente a corrientes gaseosas de elevada velocidad, puede ser necesario adoptar medidas para proteger la superficie de la fibra.

En determinadas aplicaciones se ha indicado el empleo de una manta húmeda o de una capa superficial de aproximadamente 6,4 a 12,7 mm, pudiendo alcanzarse velocidades de gases de hasta aproximadamente 30,5 m/s (100 ft/s), dependiendo de las condiciones específicas.

Valores de referencia

Material	Temperatura de clasificación	Velocidad de referencia
Manta de fibra cerámica	1260 °C	12,2 m/s
Manta de fibra cerámica	1427 °C	12,2 m/s
Placa de fibra cerámica	1260 °C	30,5 m/s
Manta húmeda	1260 °C	30,5 m/s

Estos valores deben considerarse como referencias de diseño y no sustituyen la evaluación de las condiciones específicas de servicio.

CÁLCULO TÉRMICO

El cálculo térmico de un revestimiento de fibra cerámica debe considerar diferentes variables, entre ellas:

- Conductividad térmica de los materiales.
- Espesor de cada capa.
- Emisividad de las superficies.
- Velocidad del aire exterior.
- Orientación de la superficie.
- Geometría del equipo.
- Temperatura de operación.
- Temperatura ambiente.

Como ejemplo de cálculo se considera:

- Temperatura ambiente: **22 °C**.
- Temperatura de cara caliente: **1250 °C**.
- Velocidad del aire ambiente: **0,5 m/s**.
- Emisividad: **0,80**.

Para la configuración de materiales y espesores considerada en el ejemplo original se obtiene una temperatura de cara fría de aproximadamente: **84 °C**.

La pérdida de calor calculada es de aproximadamente: **884,33 W/m²**.

La energía almacenada calculada para el sistema es de aproximadamente: **596.174.400 J/m²**.

Los valores anteriores corresponden al ejemplo desarrollado en este boletín y deben ser recalculados para cada aplicación particular.

BARRERA DE VAPOR

En instalaciones donde se utilizan combustibles que contienen más de aproximadamente 0,5 % de azufre, pueden generarse dióxido de azufre (SO₂) y trióxido de azufre (SO₃).

Estos compuestos pueden condensar en determinadas condiciones de temperatura y generar productos capaces de atacar químicamente la carcasa del equipo y las soldaduras de los pernos de fijación.

Cuando las condiciones de operación lo requieren, puede instalarse una barrera de vapor, por ejemplo una lámina de acero inoxidable, entre las diferentes capas del revestimiento.

La ubicación de esta barrera debe determinarse considerando la temperatura de la interfaz y el punto de rocío de los componentes presentes en la atmósfera.

El objetivo es evitar que los productos condensables alcancen la carcasa metálica y produzcan corrosión.

ANCLAJES Y SISTEMAS DE FIJACIÓN

La selección del sistema de anclaje constituye uno de los aspectos fundamentales en el diseño de un revestimiento multicapa de fibra cerámica. Los anclajes deben mantener las distintas capas del revestimiento en su posición durante la instalación y, especialmente, durante los ciclos de calentamiento, enfriamiento y operación del equipo.

La selección del material, geometría y longitud de los anclajes debe realizarse considerando la temperatura que alcanzará el elemento durante el servicio. Esta temperatura no coincide necesariamente con la temperatura de la cara caliente, ya que el gradiente térmico a través del revestimiento determina la temperatura real a la que estará sometida cada parte del anclaje.

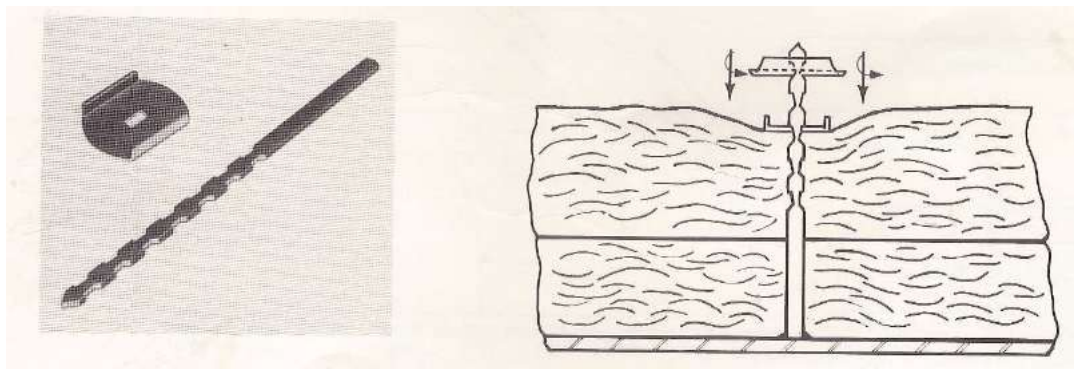
Por este motivo, el cálculo térmico del revestimiento constituye una herramienta fundamental para la correcta selección de los elementos de fijación.

Pernos metálicos

En los sistemas de revestimiento multicapa pueden utilizarse pernos de acero inoxidable o de aleaciones resistentes a alta temperatura.

Los pernos utilizados en el sistema considerado presentan una sección rectangular de aproximadamente **6,4 × 3,2 mm** ($\frac{1}{4}'' \times \frac{1}{8}''$), con lados ranurados. Sobre estos pernos se colocan arandelas o retenedores de forma rectangular, diseñados para mantener comprimidas las capas de fibra.

Una vez instaladas las capas de aislamiento, se coloca el retenedor sobre el perno y se lo presiona hasta producir una ligera compresión del revestimiento. Posteriormente, el retenedor se gira para bloquearlo en la ranura correspondiente del perno.



Para los sistemas considerados se utilizan, entre otros, aceros inoxidables AISI 304 y AISI 310. Se encuentran disponibles diferentes longitudes de pernos, entre ellas:

- 88,9 mm (3½")
- 114,3 mm (4½")
- 152,4 mm (6")
- 203,2 mm (8")

También pueden utilizarse otras longitudes y calidades de material de acuerdo con los requerimientos particulares de cada instalación.

Temperatura del anclaje

La temperatura máxima de utilización de un anclaje no debe establecerse únicamente a partir de la temperatura de clasificación de la aleación. Debe considerarse la temperatura real que alcanzará el elemento en la posición en que se encuentra instalado.

El gradiente térmico a través de un revestimiento multicapa no es necesariamente lineal. La temperatura del anclaje dependerá de la distribución de temperaturas dentro de las diferentes capas, de las propiedades térmicas de los materiales y de las condiciones de transferencia de calor.

En consecuencia, una correcta selección del anclaje requiere conocer la temperatura prevista en la zona crítica del elemento, particularmente en el punto donde se encuentra instalado el retenedor o cuplock.

Temperaturas de referencia para los elementos de fijación

Material o configuración	Temperatura máxima de uso indicada
AISI 304	760 °C (1400 °F)
AISI 310	927 °C (1700 °F)
AISI 330	1038 °C (1900 °F)
Inconel 601	1093 °C (2000 °F)
Inconel 601 + copa cerámica + mastic	1149 °C (2100 °F)
Anclaje cerámico de alta alúmina + arandela de mullita	1482 °C (2700 °F)
Anclaje cerámico de alta alúmina + arandela de SiC	1482 °C (2700 °F)

Los valores anteriores corresponden a las condiciones de utilización indicadas para el sistema de referencia y deben verificarse para cada aplicación particular.

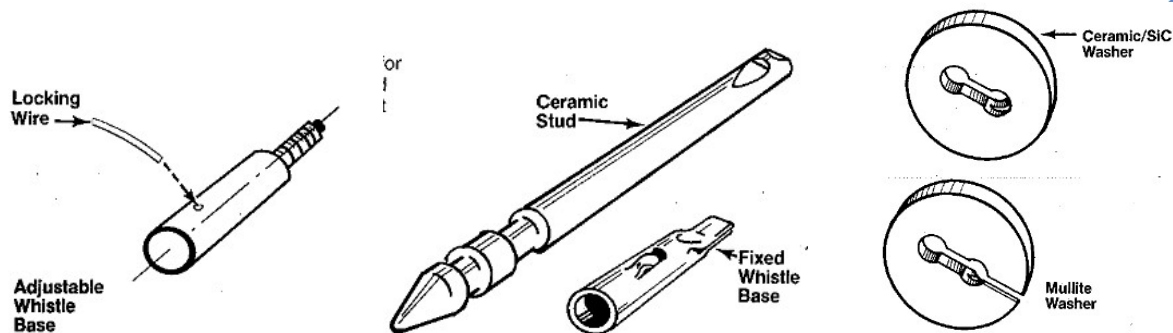
Anclajes cerámicos

Para aplicaciones de alta temperatura pueden utilizarse pernos y retenedores de cerámica de alta alúmina.

Estos sistemas permiten extender el rango de utilización del revestimiento cuando la temperatura del anclaje supera la capacidad de los elementos metálicos convencionales.

Los anclajes cerámicos pueden instalarse mediante una base metálica soldada a la carcasa del equipo. El sistema puede disponer de bases fijas o ajustables, permitiendo en este último caso regular la longitud efectiva del conjunto de anclaje.

Para temperaturas elevadas, los retenedores cerámicos permiten mantener la fibra en posición evitando la exposición directa de elementos metálicos a la zona de mayor temperatura.



Protección de los anclajes metálicos

En determinadas aplicaciones, los elementos metálicos pueden protegerse mediante componentes cerámicos y materiales moldeables de fibra cerámica.

Una configuración utilizada consiste en una **copa cerámica colocada sobre el extremo del perno y rellena con mastic moldeable**, de manera que se reduzca la temperatura a la que queda expuesto el elemento metálico.

Para la protección del conjunto de perno y retenedor, el documento de referencia considera una cantidad aproximada de **33 cm³ de material moldeable**, mientras que para el relleno y recubrimiento de un cuplock cerámico se indica una cantidad del orden de **20 cm³**.

El mastic debe llenar completamente el espacio interior del componente cerámico, proporcionando continuidad térmica y contribuyendo a la protección del elemento metálico.

Un pequeño excedente de material sobre la superficie del retenedor contribuye adicionalmente a proteger el conjunto frente a la exposición térmica.

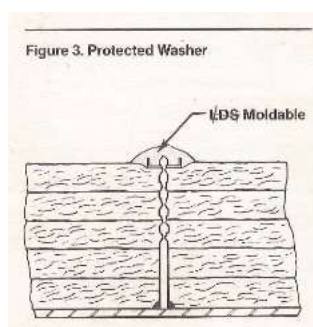
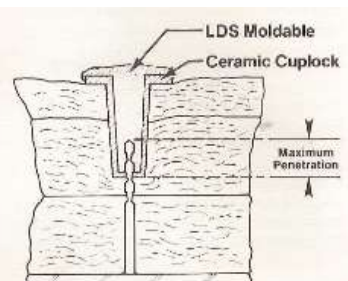
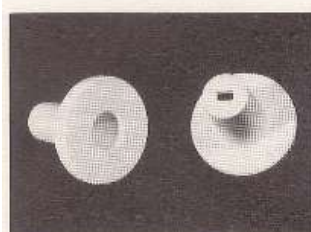


Figure 4. Cuplock



Cuplock cerámico

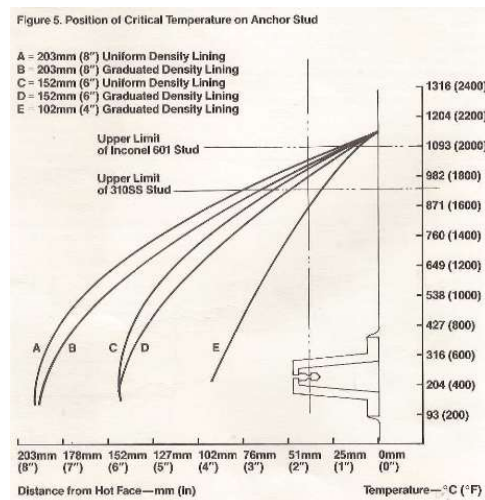
Para temperaturas de hasta aproximadamente **1149 °C (2100 °F)**, el sistema considerado utiliza un retenedor o cuplock cerámico.

El cuplock funciona mediante un mecanismo de bloqueo similar al de la arandela metálica utilizada en los sistemas convencionales. La diferencia principal consiste en que el extremo del elemento de fijación queda protegido mediante un componente cerámico y mastic moldeable de fibra cerámica.

La utilización de este sistema permite disminuir la temperatura a la que queda expuesto el extremo del perno y, por lo tanto, ampliar el campo de aplicación de determinados elementos metálicos.

Como criterio de diseño indicado en el documento de referencia, una arandela cerámica correctamente rellena con mastic puede permitir considerar un incremento de hasta aproximadamente **55 °C (100 °F)** en la temperatura de contacto recomendada para determinados materiales de los pernos.

Este valor debe entenderse como un criterio correspondiente al sistema de protección considerado y no como una propiedad general aplicable a cualquier combinación de perno, cerámica y mastic.



Protección en atmósferas corrosivas

La selección del material del anclaje también debe considerar la atmósfera existente dentro del equipo.

Las atmósferas con alto potencial de carbono o con presencia significativa de monóxido de carbono, como las utilizadas en determinados tratamientos térmicos, pueden afectar a las aleaciones ferrosas y favorecer mecanismos de degradación metalúrgica.

Asimismo, determinados combustibles que contienen vanadio, sodio, níquel o compuestos derivados del vanadio pueden favorecer procesos de corrosión de los componentes metálicos.

En estas condiciones, el documento de referencia recomienda considerar el uso de **Inconel 601 con retenedores cerámicos**, complementados con mastic moldeable.

La selección definitiva debe realizarse considerando conjuntamente la temperatura, la composición de la atmósfera, el tiempo de exposición y las condiciones específicas de operación.

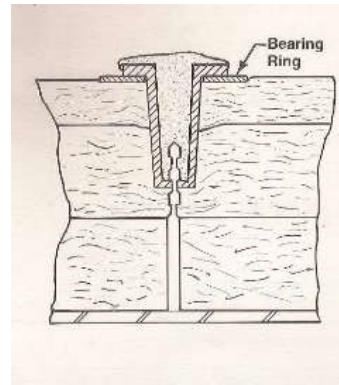
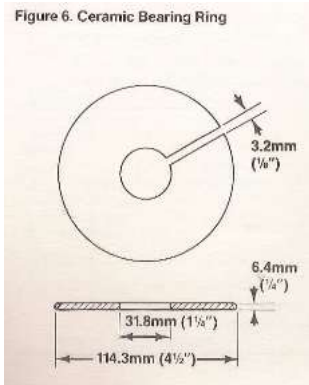
Anillos de apoyo y retenedores cerámicos

En aplicaciones de temperaturas elevadas, especialmente en techos, puede resultar conveniente incorporar un **anillo de apoyo cerámico** entre el sistema de bloqueo o retenedor y la capa caliente del aislamiento.

El objetivo es aumentar la superficie de contacto y distribuir la carga sobre una superficie mayor de fibra. De esta manera se reduce la posibilidad de que la manta se deslice o sea atravesada por el retenedor debido a la carga ejercida sobre el revestimiento.

Para aplicaciones donde existe riesgo de choque térmico significativo, pueden utilizarse arandelas de **mullita**, debido a sus características de resistencia al choque térmico.

En aplicaciones de mayor temperatura pueden utilizarse también retenedores de **SiC**, de acuerdo con la configuración específica del sistema.



Criterio general para la selección de anclajes

La selección del sistema de fijación debe realizarse como parte integral del diseño del revestimiento y no como una decisión independiente de la selección de las capas de fibra.

El procedimiento de selección debería considerar, como mínimo:

1. Temperatura de operación del equipo.
2. Temperatura máxima de la cara caliente.
3. Perfil de temperatura dentro del revestimiento.
4. Temperatura prevista en el punto crítico del anclaje.
5. Tipo y espesor de las capas de fibra.
6. Orientación de la superficie: paredes, techo o piso.
7. Peso del revestimiento que debe soportar cada anclaje.
8. Velocidad y turbulencia de los gases.
9. Atmósfera y potencial corrosivo.
10. Posibilidad de utilizar protección cerámica del anclaje.
11. Tipo de retenedor o sistema de bloqueo.
12. Condiciones de los ciclos térmicos.

Una correcta selección de los anclajes permite que el revestimiento conserve su integridad mecánica durante la operación y evita que los elementos de fijación se conviertan en puntos críticos de falla debido a temperaturas excesivas, corrosión o pérdida de resistencia mecánica.

Cuando se utilicen estos sistemas, los espacios correspondientes pueden rellenarse con mastic adecuado.

DISTRIBUCIÓN DE LOS ANCLAJES

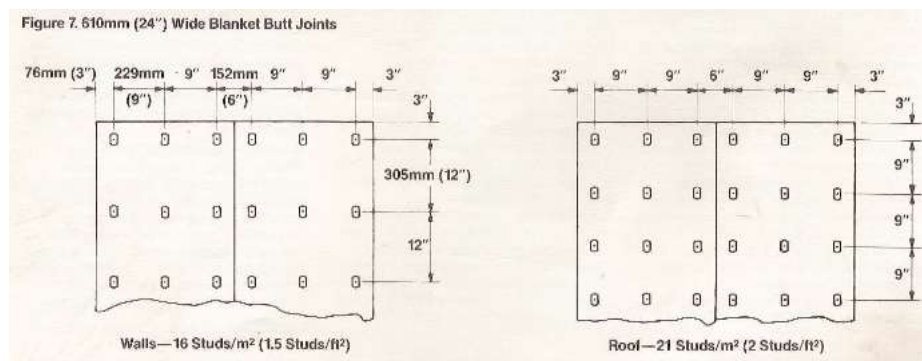
El espaciado adecuado de los anclajes es esencial para una instalación exitosa del sistema multicapas. El patrón de distribución se determina según las condiciones de funcionamiento del horno. Para todos los patrones, las capas de respaldo se instalan de la misma manera. Cada capa de respaldo se une a tope y se instala de forma asimétrica al patrón de los anclajes. Instale cada capa de manera que las juntas estén desplazadas un mínimo de 152 mm (6") con respecto a las juntas inmediatamente inferiores en la capa adyacente.

En las paredes laterales, las mantas se colocan generalmente en sentido vertical.

En los techos, la orientación debe adecuarse a la dirección de instalación del rollo de manta y a la configuración particular del equipo.

Juntas a Tope

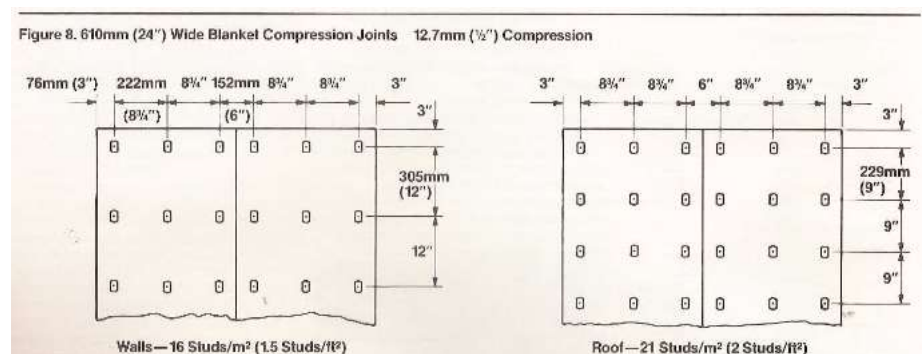
En la siguiente figura ilustra el patrón de montaje adecuado para una manta de 610 mm (24") de ancho cuando se utiliza una construcción con juntas a tope.



Juntas de Compresión

Una junta de compresión es esencialmente igual que una junta a tope, con la diferencia de que los bordes en contacto de las mantas adyacentes están sometidos a una ligera compresión. Las juntas de compresión requieren que se ajuste ligeramente el espaciado de los anclajes. La figura 8 muestra el espaciado de anclajes para una compresión de 12,7 mm (½").

Las juntas de compresión se realizan fijando la capa final de revestimiento caliente sobre los pernos y superponiendo las mantas adyacentes en una cantidad igual a la superposición de compresión deseada. Una vez colocados los clips de retención, los dos bordes de la manta se levantan de la pared y se vuelven a juntar, comprimiéndolos entre sí.

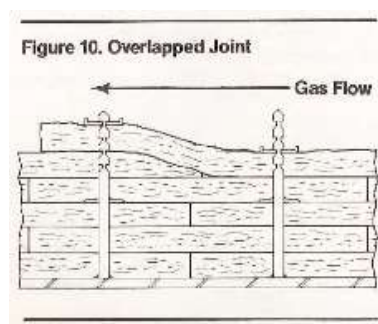
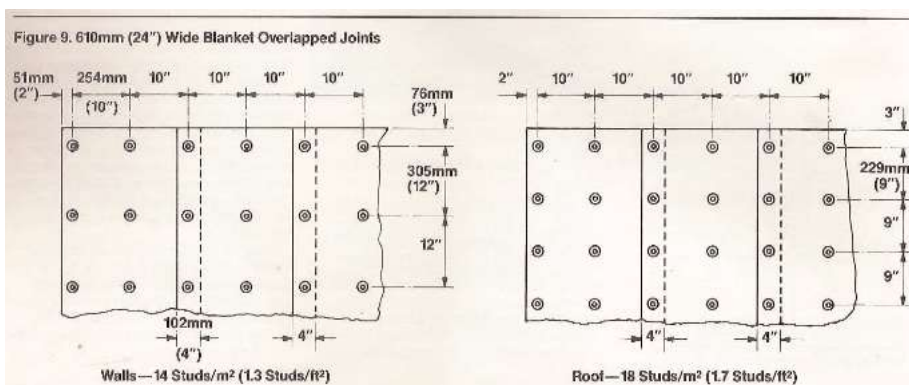


Juntas Solapadas

Otra alternativa consiste en utilizar juntas solapadas.

El solape debe orientarse de acuerdo con la dirección del flujo de gases, de manera que se reduzca la posibilidad de que la corriente gaseosa penetre directamente entre las capas de fibra.

La correcta ejecución de las juntas es un aspecto fundamental para garantizar la continuidad del revestimiento.



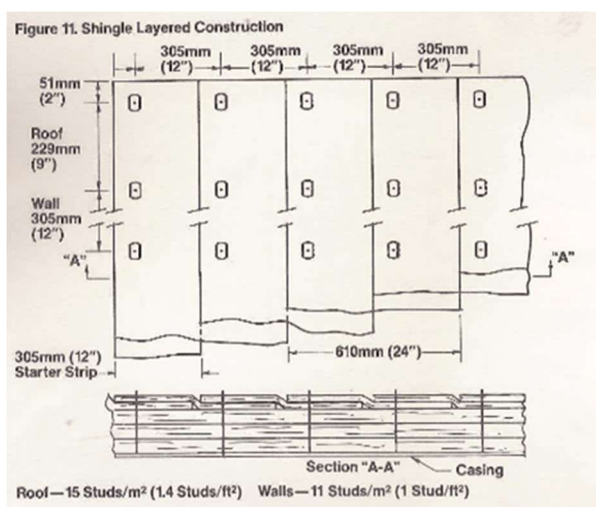
Solape tipo Teja

En determinadas configuraciones puede utilizarse una disposición de las mantas similar a la de una cubierta de tejas.

En este caso, la capa de la cara caliente y la primera de respaldo, deben ser iguales.

Como criterio general, se considera un espesor de aproximadamente: **25,4 mm (1")**.

Para compensar recortes, ajustes y pérdidas durante la instalación, se recomienda contemplar aproximadamente un **10 % de material adicional**.



CONSTRUCCIÓN MODULAR

Los revestimientos modulares constituyen una alternativa a los sistemas tradicionales de mantas instaladas capa por capa.

Los módulos están fabricados a partir de mantas de fibra cerámica plegadas y comprimidas.

En una clasificación primaria podemos decir que existen dos tipos de módulos, los módulos anclados y los módulos pegados. El sistema de módulos anclados presenta una amplia gama de formatos, según el tipo de anclaje que utilicen.

Los **módulos para pegar** no contienen ningún tipo de anclaje, tanto sea interno como externo. Estos son fijados a la pared del horno utilizando un mortero refractario especial y se colocan tanto sea sobre alguna estructura metálica, como sobre refractario o incluso sobre otros módulos ya instalados previamente. Este tipo de módulo suelen ser de no más de 3" de espesor. En el caso que se requieran valores superiores, ya deberíamos buscar dentro de las diferentes opciones de módulos anclados

Los **módulos para anclar** son de uso más generalizado y sus formatos varían mucho con los diferentes fabricantes y marcas comerciales.

Cada pliegue de la manta en el módulo está fijado por un par de varillas de acero inoxidable y un soporte que las contiene. Este soporte es el que finalmente será fijado a la pared del horno o equipo



Los módulos anclados pueden ser contruidos con mantas de diferentes temperaturas máximas de uso. Si utilizamos calidades estándar estamos hablando de límites de temperatura de 1204 °C (2200 °F), 1315 °C (2400 °F) y 1427 °C (2600 °F). Cada tipo está disponible en dos densidades.

Al confeccionar los módulos, las “U” son comprimidas un 30%. De esta manera a las las temperaturas máximas de funcionamiento, la contracción inherente de la fibra cerámica se ve compensada, impidiendo el flujo de calor hacia la carcasa.

El espesor del módulo se determina por la temperatura de la superficie fría deseada. Nuestro departamento de ingeniería puede proporcionar, previa solicitud, cálculos de flujo de calor que tengan en cuenta la densidad y el espesor del módulo.

PROCEDIMIENTOS DE INSTALACIÓN

La correcta instalación determina el **desempeño térmico y la vida útil** del revestimiento. Deben considerarse la preparación de superficies, disposición y fijación de módulos, orientación y compresión de capas, juntas, anclajes y su protección, encuentros y reparaciones.

Estos procedimientos serán desarrollados en un **próximo boletín técnico**, desde la preparación de la superficie hasta la puesta en servicio del equipo.