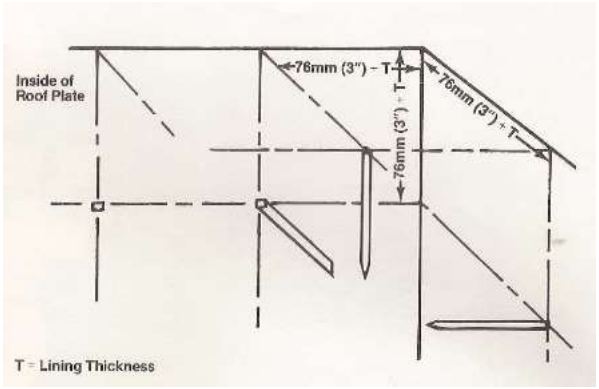
PROCEDIMIENTOS DE INSTALACIÓN DE FIBRAS CERÁMICAS (PARTE 2)

(Viene de Revestimientos Aislantes de fibra cerámica – Parte 1)

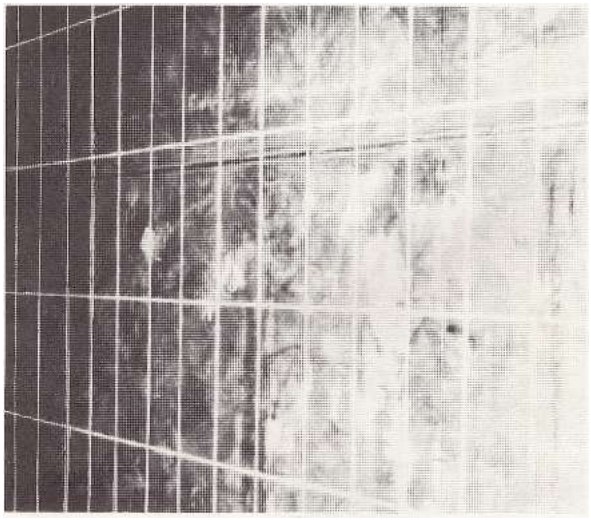
SISTEMA MULTICAPAS

Seleccionados el revestimiento y la disposición de los pernos, trace su ubicación sobre la carcasa del horno. Puede comenzar por cualquier esquina, considerando el espesor del revestimiento de las paredes adyacentes.

Desde cada esquina, mida sobre las dos uniones horizontales y hacia abajo por la vertical una distancia equivalente a 76 mm (3") más el espesor del revestimiento. Así, los anclajes del borde quedarán a 76 mm de las paredes y el techo adyacentes, sin quedar ocultos y con espacio de trabajo entre pernos opuestos. Repita en todas las esquinas.



Como los pernos suelen disponerse en filas horizontales y verticales, marque el perímetro del área y trace líneas guía entre marcas opuestas para formar una cuadrícula. Las intersecciones indican la ubicación de los anclajes. Añada pernos alrededor de quemadores, salidas de humos y otras aberturas; consulte «Detalles de construcción».



Nota: El trazado y la colocación de los pernos deben ser precisos, ya que la disposición está calculada para un ancho de material y una técnica de montaje específicos.

- **Soldadura de pernos**

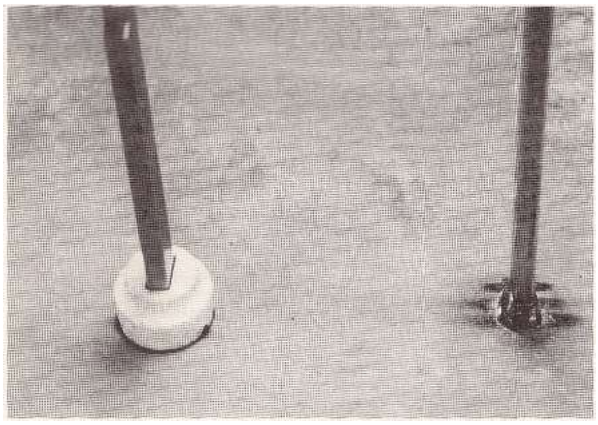
Una vez trazados, suelde los pernos a la carcasa con pistola de arco o mediante soldadura manual con electrodo revestido. En los pernos y bases de aleación, oriente la dimensión mayor de la sección transversal en el plano vertical. La orientación uniforme alinea las arandelas y facilita detectar anclajes faltantes o mal

colocados. La soldadura manual es más lenta y presenta mayor riesgo de defectos; si se utiliza, consulte la Tabla V para elegir los electrodos adecuados.

El acero nuevo normalmente no requiere limpieza, salvo que presente aceite, grasa o cascarilla. En acero oxidado o pintado, es posible que deba esmerilarse la zona. Pruebe las primeras soldaduras doblando el perno 45° a ambos lados de su eje: si resiste, la unión es correcta. De lo contrario, ajuste el equipo hasta obtener resultados uniformes.

Stud Alloy	Welding Rod
304SS	Stainless Electrode Type 304 AC/DC coated
310SS	Stainless Electrode Type 316 AC/DC coated
330SS	330SS-80 Electrode AC/DC titania coated
Inconel 601	Inconel Electrode AC/DC coated or Incolloy 112 Electrode coated
304SS Whistle Base	Stainless Electrode Type 304 AC/DC coated
310SS Whistle Base	Stainless Electrode Type 316 AC/DC coated

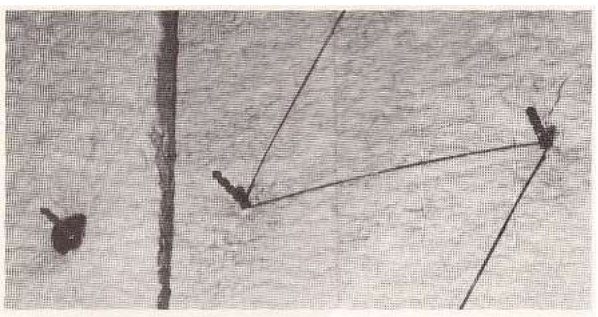
Los ferrules cerámicos contienen el baño de fusión alrededor de la base del perno. Tras solidificarse la soldadura, retírelos con un golpe seco de martillo para que la primera capa de aislamiento apoye firmemente contra la carcasa.



- **Aislamiento de respaldo**

Una vez soldados los pernos, instale el aislamiento de respaldo.

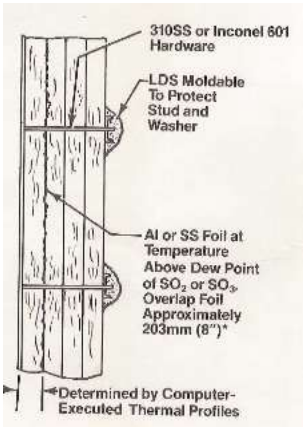
Para sostener temporalmente el aislamiento en el techo, coloque *speed clips* en uno de cada cuatro pernos o use bandas elásticas comerciales extendidas sobre 3 o 4 pernos. Puede presionarlos con un tubo I.P.S. de 19 o 25,4 mm y 203–305 mm de largo. Si utiliza *cuplocks*, no coloque *speed clips* a menos de 76 mm de la cara caliente, pues interferirían con su instalación; las bandas elásticas sí pueden utilizarse en esa zona.



Alrededor de bloques de quemador y otras aberturas, evite exponer el aislamiento de respaldo a temperaturas superiores a su límite nominal. Termine allí las capas de menor temperatura y sustitúyalas por mantas de fibra aptas para temperaturas más altas. Consulte «Detalles de construcción».

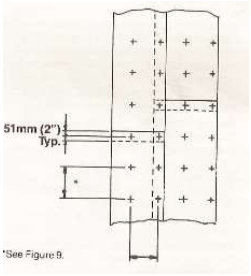
- **Barrera de vapor**

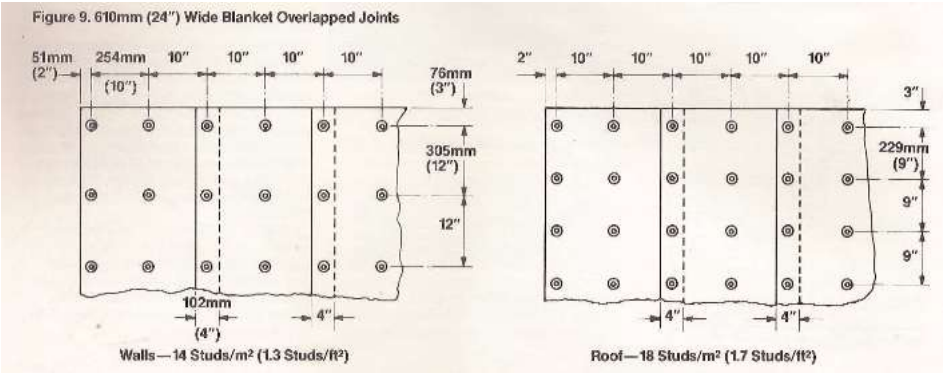
Los combustibles con más de 0,5 % de azufre generan SO_2 y SO_3, gases que pueden atacar la carcasa y las soldaduras de los espárragos. Escalone al menos 76 mm (3”) las juntas entre capas para evitar que los gases lleguen a la carcasa. Cuando la temperatura de interfaz supere el punto de rocío de los gases (aprox. 250 °C), instale una barrera de vapor de acero inoxidable detrás de la primera capa de manta de 25–51 mm (1–2”). Combinada con un recubrimiento protector bituminoso, epoxi de alquitrán de hulla o tipo Stalastic, ayuda a prevenir la corrosión.



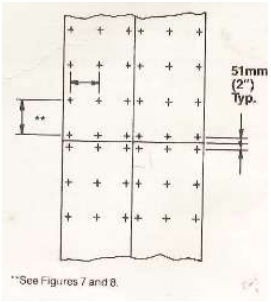
- **Aislamiento de manta para la cara caliente**

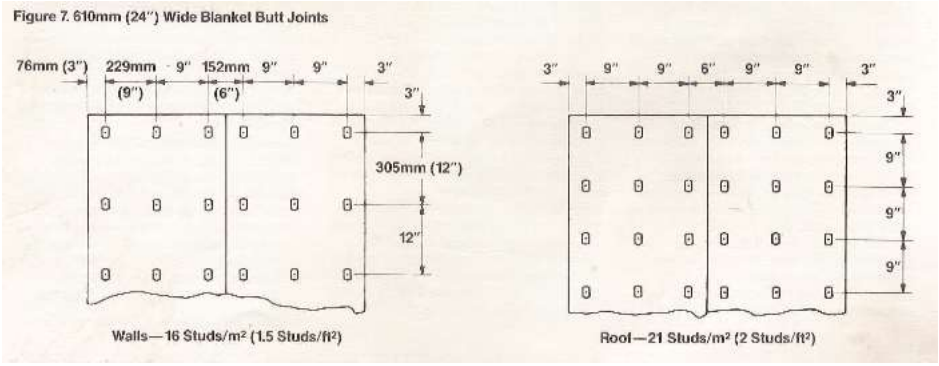
La disposición de los anclajes corresponde al montaje de la cara caliente, con juntas solapadas o a tope. El escalonamiento de las juntas en las capas de respaldo puede hacer que estas no coincidan con los espárragos; es normal y no afecta al sistema. Si la operación supera 1038 °C para Durablanket S o 1177 °C para Durablanket 2600, instale la cara caliente en tramos de 1830–2440 mm (6–8 pies).

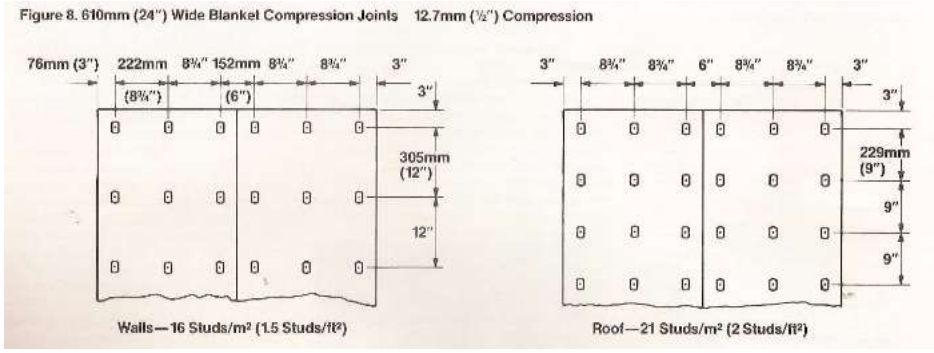




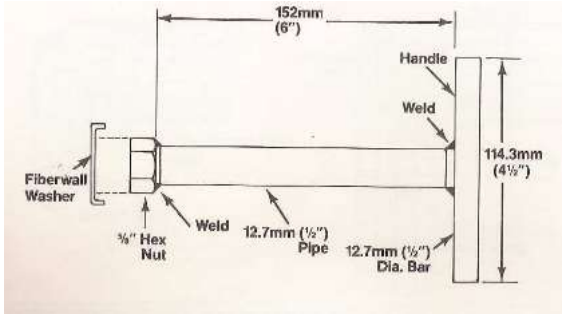
En montajes con juntas a tope o por compresión, ubique los espárragos adyacentes a las juntas de los extremos de las mantas a 51 mm (2”) a cada lado de la unión.







Para colocar una arandela metálica, presiónela hasta comprimir ligeramente el revestimiento y gírela 90° para fijarla. La herramienta ilustrada facilita la operación.

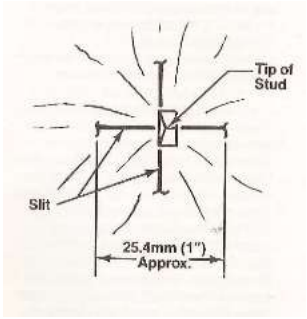


Entre 1093 y 1150 °C, utilice retenedores cerámicos tipo *cuplock* de 51 mm (2”) en la cara caliente y reduzca 38 mm (1½”) la longitud de los espárragos de aleación. Como el perno no sobresaldrá por la última o las dos últimas capas, estas no podrán insertarse directamente en él.

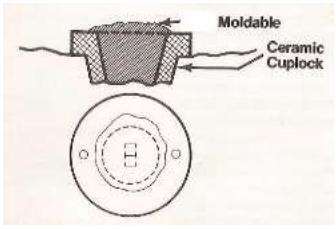
En paredes verticales, comience por arriba: desenrolle la manta, alinéela con los pernos y fíjela a 3 o 4 con *cuplocks*. Desenrolle el resto hacia abajo y coloque los restantes. Para techos, se recomienda trabajar

entre tres personas: dos sostienen la manta y una instala los retenedores. Coloque todos los *cuplocks* restantes cuanto antes.

Para alojar el vástago del *cuplock*, haga un corte en cruz de unos 25 mm de ancho y 51 mm de profundidad alrededor del perno, introduciendo la hoja del cuchillo a través de la manta y en paralelo al perno.



Presione el *cuplock* hasta que su pestaña comprima ligeramente el revestimiento y gírelo 90° para bloquearlo. Los dos puntos de la pestaña deben quedar girados 90° respecto de su posición inicial. Rellene por completo la abertura con masilla moldeable de fibra cerámica (aprox. 29 cm³ por pieza) y cubra la parte superior.

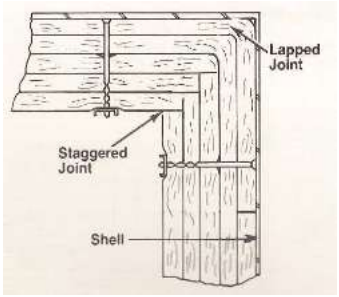


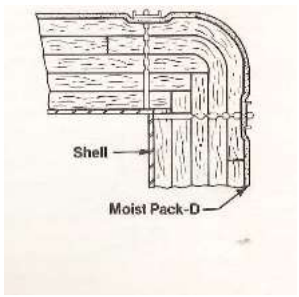
Antes de la puesta en marcha, inspeccione todos los anclajes y compruebe que los retenedores estén colocados, bloqueados y rellenos con masilla moldeable.

Detalles de construcción

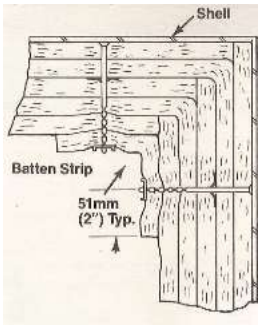
1. **Esquinas**

Las uniones entre paredes y entre pared y techo deben ejecutarse con juntas escalonadas o solapadas para impedir que los gases calientes alcancen la carcasa.

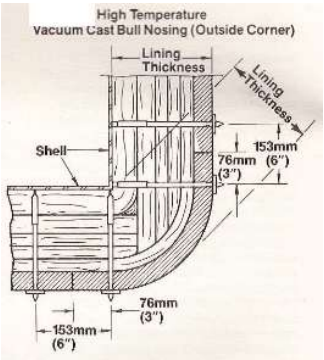


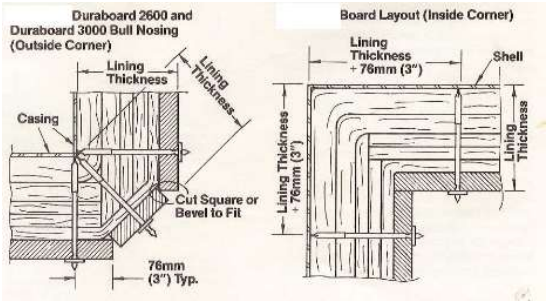


También puede reforzarse la esquina con una tira adicional, además de escalonar o solapar las juntas.



En aplicaciones de alta temperatura con paneles, las capas de respaldo deben prolongarse alrededor de las esquinas interiores y exteriores para mantener la continuidad del aislamiento.

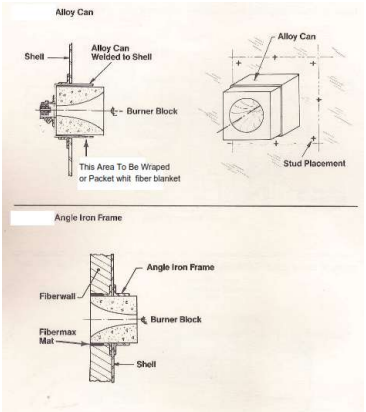




2. Bloques refractarios densos para quemadores

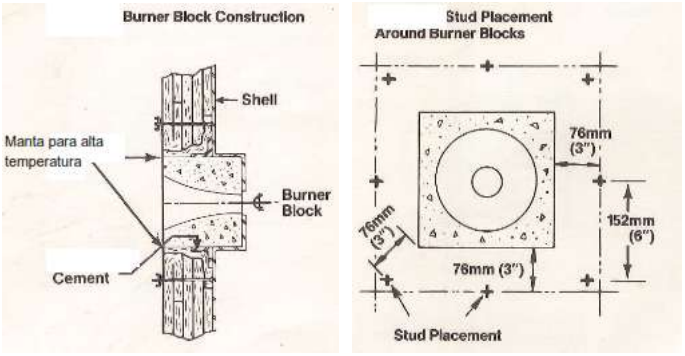
Los revestimientos multicapa admiten casi todos los quemadores de gas o combustible líquido, incluidos los de llama plana, con deflectores o de llama larga. A diferencia de los revestimientos convencionales de ladrillo o material moldeable, el sistema multicapa suele ser más delgado y no soporta el peso del bloque del quemador.

Por ello, el bloque debe apoyarse en un soporte o camisa fijado a la carcasa, que puede fabricarse en acero inoxidable.



Con una camisa de acero inoxidable, coloque manta entre esta y el bloque para reducir la transferencia de calor a la estructura metálica. El bloque no debe sobresalir más de 12,7–25,4 mm (½–1”) de la cara caliente, para evitar el desconchado térmico (*spalling*).

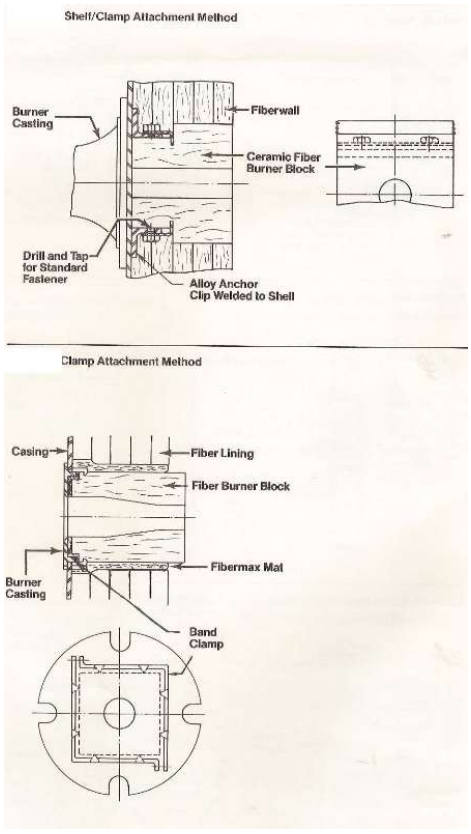
El bloque refractario conduce calor hacia el revestimiento. Para evitar la contracción excesiva del respaldo y la formación de vías para gases calientes, no lo apoye directamente contra el bloque. Deje un margen de 25–38 mm (1–1½”) y rellénelo con manta apta para la temperatura de operación.



3. Bloques de fibra cerámica para quemadores:

Los bloques de fibra cerámica moldeados al vacío resisten el choque térmico y el desconchado. Pueden fijarse a la carcasa mediante anclajes integrados durante su fabricación, sin una estructura costosa de acero inoxidable. Se adaptan a revestimientos rígidos o de fibra. Los perfiles escalonados o una manta tipo Fibermax alrededor del bloque ayudan a evitar juntas directas hasta la carcasa.

Para sellar eficazmente las juntas, comprima al máximo la fibra en las uniones entre fibras y entre fibra y material refractario.

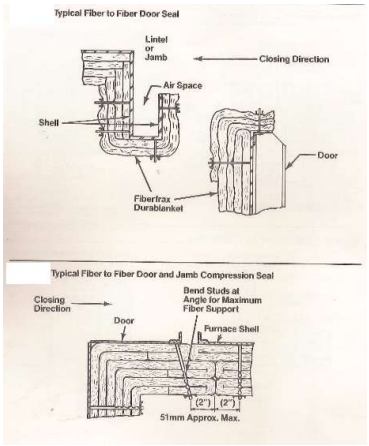


4. Construcción y sellado de puertas

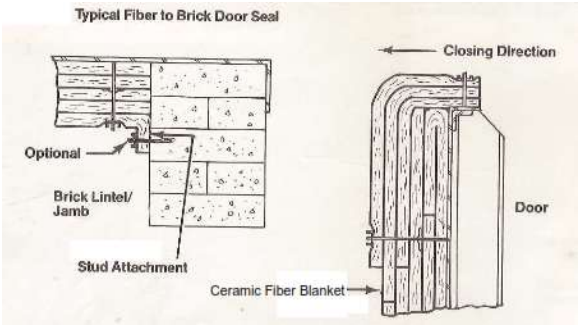
Las puertas suelen requerir mantenimiento frecuente. Los revestimientos multicapa de fibra y sus sellos reducen el mantenimiento y los costos. Además, pueden pesar hasta un 95 % menos que las puertas con refractario convencional, lo que permite mecanismos de apertura más simples y económicos.

En general, las puertas se construyen como el resto del horno. Si están sometidas a desgaste mecánico intenso, se recomienda una construcción modular o de tiras apiladas (*stackbond*).

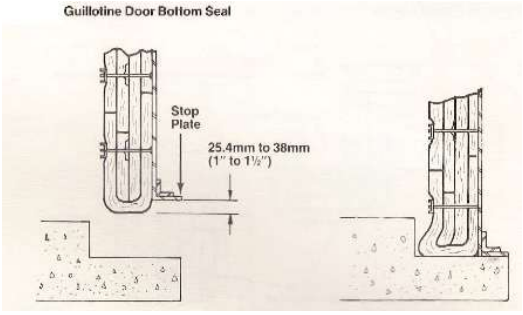
Los sellos deben diseñarse para repararse o sustituirse sin afectar las zonas adyacentes de la puerta o el marco. Su vida útil depende de la temperatura y la frecuencia de los ciclos.



Los mismos principios se aplican al sellado contra marcos o dinteles de ladrillo o refractario moldeable. Instale topes ajustables para evitar una compresión excesiva.



En puertas guillotina, la parte inferior sella contra la solera o la superficie refractaria del carro. Un tope fijo debe limitar la compresión. La manta debe sobresalir 25–38 mm (1–1½”) por debajo del borde de la puerta o del tope para asegurar el sellado.

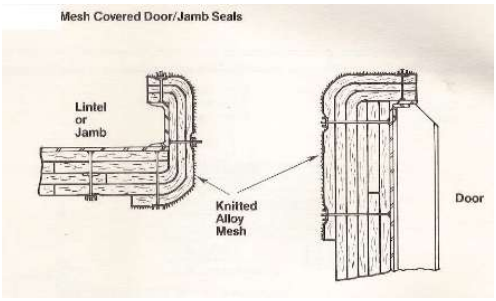


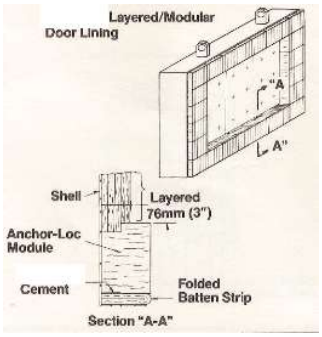
Los sellos verticales de las puertas guillotina pueden requerir un diseño específico según el mecanismo de cierre.

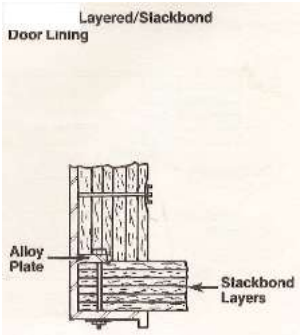
Si la puerta roza contra el marco, modifique el diseño para evitar el contacto durante la mayor parte del recorrido y limitarlo a los últimos centímetros del cierre.

Una malla tejida de aleación metálica sobre el sello de fibra puede prolongar su vida útil. Funcionan bien tanto las puertas con vigas o pilares de fibra cerámica como las que combinan fibra con ladrillo refractario, dinteles, piezas tipo Fiberstick o anclajes.

Una opción consiste en colocar módulos alrededor del perímetro de la puerta y un revestimiento multicapaComo variante, el perímetro puede construirse con tiras de manta apiladas (*stackbond*) y el núcleo con revestimiento multicapa (Figura 44)

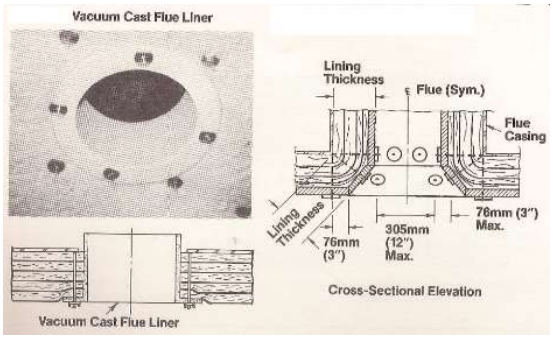






5. Construcción de conductos de humos

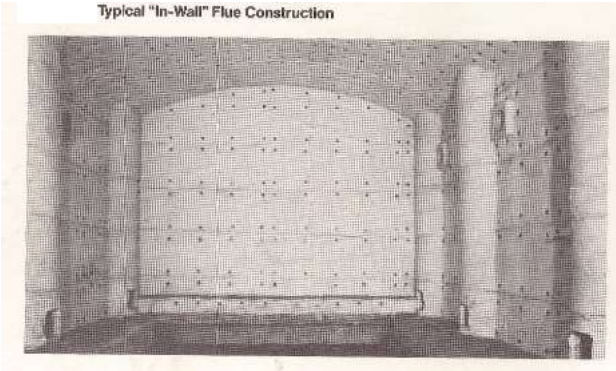
Por encima de 1176 °C (2150 °F), se recomiendan placas de fibra cerámica moldeadas al vacío para alta temperatura.



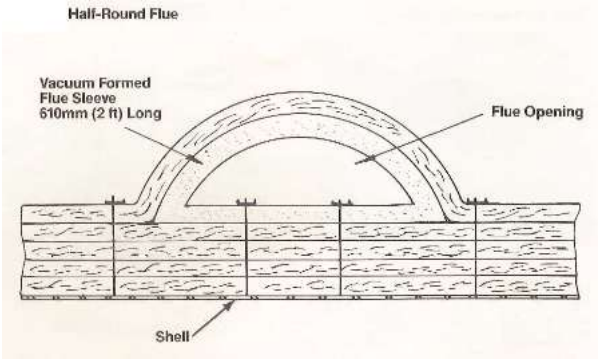
Por debajo de 1176 °C (2150 °F), pueden utilizarse placas moldeadas al vacío para baja temperatura.

Al seleccionar el revestimiento interno del conducto, considere también la velocidad de los gases calientes.

En hornos con conductos integrados en la pared (*in-wall*), existen diseños que evitan el uso de piezas refractarias densas.

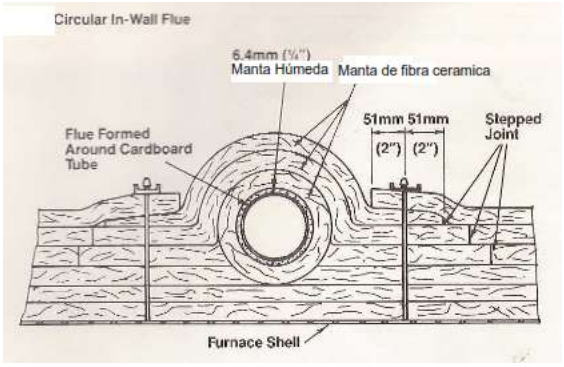


Las piezas semicirculares moldeadas al vacío, suministradas en tramos de unos 60 cm, pueden apilarse hasta la altura necesaria y fijarse con anclajes dentados. En los tramos inferiores se practican orificios laterales para comunicar el horno con el conducto.

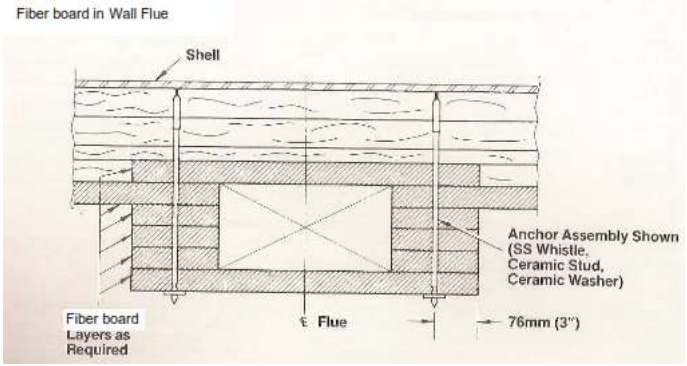


La manta húmeda y las placas de fibra cerámica forman el canal y la pared posterior del conducto. La manta húmeda puede prepararse secando piezas cortadas a medida sobre un molde de madera. Las placas se cortan y apilan hasta la altura requerida; la abertura hacia el horno se realiza al terminar la instalación.

En conductos de tiro descendente pueden utilizarse tubos de cartón como moldes. Pueden dejarse instalados, ya que se consumen durante la cocción sin efectos perjudiciales, mientras la manta húmeda se endurece y conserva la forma.

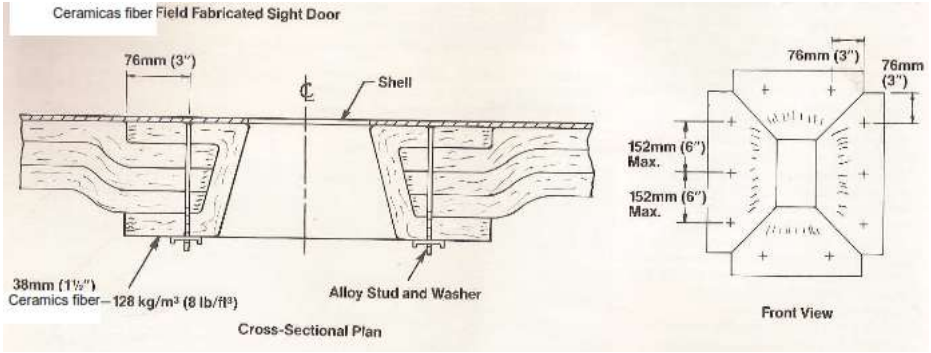


No utilice conductos de manta húmeda por encima de 1093 °C (2000 °F). Para temperaturas de hasta 1482 °C (2700 °F), existen conductos moldeados al vacío con placas de fibra cerámica adecuadas a distintas temperaturas.

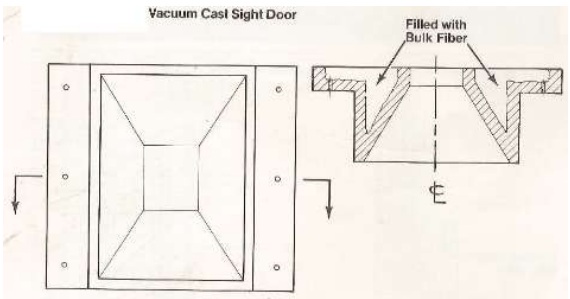


6. Construcción de puertas de inspección

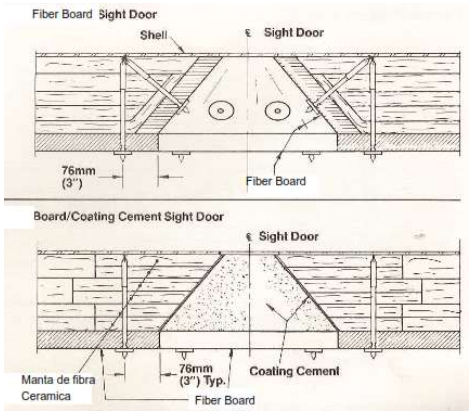
Las puertas o mirillas pueden integrarse al revestimiento de fibra o incorporarse mediante una pieza monolítica moldeada al vacío. También pueden fabricarse en obra cortando el material de cara caliente según la geometría requerida.



Otra opción es una puerta de inspección moldeada al vacío según las dimensiones especificadas.



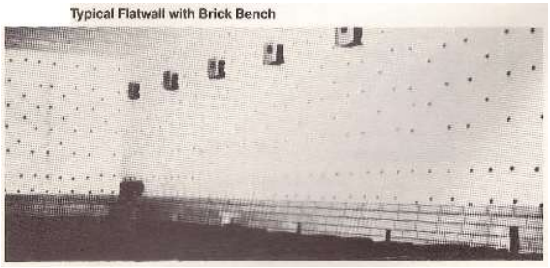
Las puertas de inspección pueden fabricarse con placas de fibra cerámica: una opción utiliza paneles en toda la estructura; otra, los bordes cortados de las capas de respaldo, terminados con cemento de recubrimiento. En ambos casos, el respaldo de la puerta debe tener la misma clasificación térmica que la cara caliente.



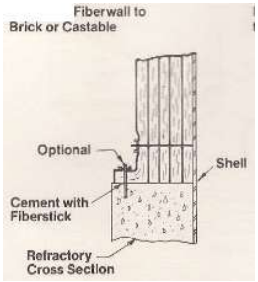
Seleccione los anclajes de mirillas y ventanas de inspección según la temperatura de servicio.

7. Juntas entre sistemas multicapa y ladrillo o refractario

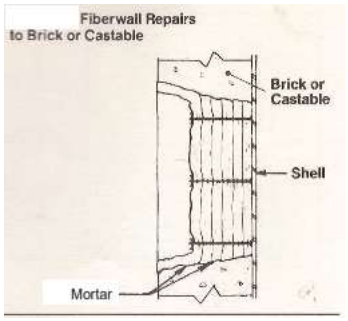
En algunos hornos, el refractario de la parte inferior de las paredes laterales protege contra daños mecánicos.



La transición entre refractario y sistema multicapa no debe dejar una vía directa hacia la carcasa. Corte el respaldo a 25–38 mm (1–1½") del refractario y rellene el espacio con manta del mismo tipo que la cara caliente. Solape esta última sobre el refractario y fíjela con cemento refractario o anclajes adecuados.

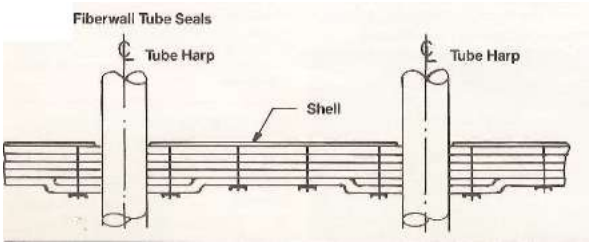


Para reparar un revestimiento refractario, retire el material dañado hasta la carcasa, suelde los anclajes dentados e instale el parche multicapa. Rellene los huecos entre el refractario rígido y las capas con fibra a granel o tiras de manta; selle las grietas con masilla moldeable.

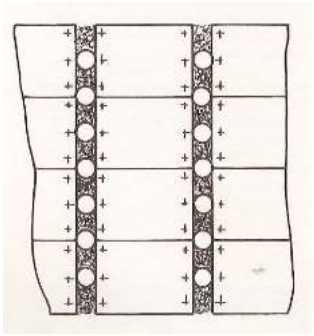


8. Sellado de filas de tubos

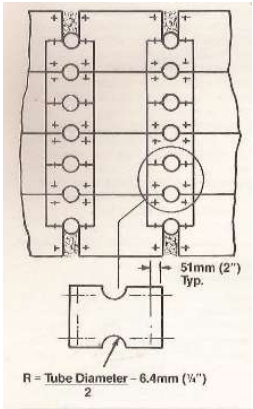
Para sellar filas de tubos, extienda primero las capas de aislamiento de respaldo hasta los tubos.



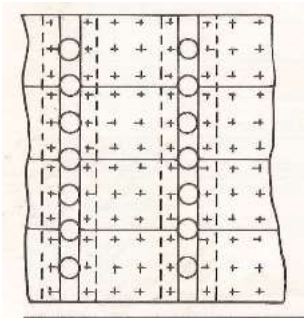
Rellene los espacios entre tubos con fibra a granel o recortes de manta.



Coloque piezas precortadas sobre los espárragos para mantener la fibra en su sitio.



Por último, instale la capa de cara caliente entre las filas de tubos.



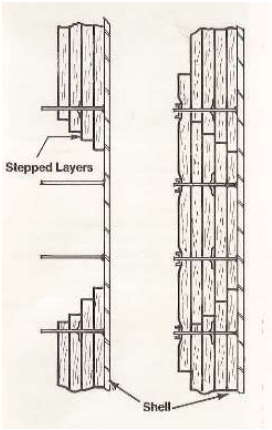
9. Reparaciones de revestimientos multicapa dañados

Aunque el sistema multicapa resiste el choque térmico y no suele agrietarse ni desprenderse por esa causa, puede dañarse por impactos, caída de cargas o rotura de tubos. Su reparación es más sencilla que la de un revestimiento refractario convencional.

El horno puede enfriarse rápidamente y, como no se requiere secado ni curado, puede volver al servicio en menos tiempo.

Para reparar, retire al menos cuatro arandelas o retenedores y recorte la zona dañada con un cuchillo afilado. Si el daño no alcanza la carcasa y los anclajes están intactos, retire solo las capas afectadas. Si solo está dañada la cara caliente, puede bastar con colocar un parche encima.

Si debe sustituir anclajes, retire todo el espesor hasta la carcasa. Escalone las juntas entre capas y reemplace los pernos rotos o muy dañados. Reinstale el aislamiento según el procedimiento original. En sistemas con juntas solapadas, el parche de cara caliente debe solaparse por los cuatro lados.



Conclusión

La correcta ejecución del trazado, la soldadura de anclajes y los detalles en quemadores, conductos y puertas permite obtener un revestimiento multicapa eficiente, liviano y resistente al choque térmico. También mejora el rendimiento térmico y simplifica el mantenimiento y las reparaciones.

El próximo boletín técnico abordará los sistemas de módulos de fibra cerámica, sus propiedades, ventajas operativas y métodos de instalación.