

Revestimientos Refractarios en Hornos Industriales



31.01.2008

Este libro se ha realizado en base al programa desarrollado para una serie de cursos impartidos en diferentes empresas (REPSOL, PETRONOR, TUBOS REUNIDOS...entre otras). Para su realización se ha contado con la colaboración del organismo oficial Ente Vasco de la Energía. El libro cuenta con la necesaria base técnica y la experiencia de 20 años de un Jefe de Proyectos Refractarios. El libro cubrirá un hueco en la carencia casi absoluta de publicaciones sobre este tema, tanto a nivel nacional como europeo.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS

PRÓLOGO

INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN A LOS MATERIALES REFRACTARIOS

- 1.1 Sectores de empleo
- 1.2 Definiciones
 - 1.2.1 Definición de material refractario
- 1.3 El Cono Seger
- 1.4 Material refractario según norma DIN
- 1.5 Clasificación de los materiales refractarios
 - 1.5.1 Carácter químico
 - 1.5.2 Composición química
 - 1.5.3 Naturaleza química
 - 1.5.4 Presentación
 - 1.5.5 Finalidad

2. TEORÍA DE LA SOLIDIFICACIÓN

- 2.1 Algunas definiciones
- 2.2 Curvas de enfriamiento de un material
- 2.3 Diagramas de equilibrio de fases
- 2.4 Diagramas de equilibrio ternarios

3. LADRILLOS DE SÍLICE, SILICOALUMINOSOS Y DE ALTA ALUMINA

- 3.1 Ladrillos de sílice
- 3.2 Clasificaciones de los ladrillos de sílice

- 3.3 Ladrillos de sílice fundida
- 3.4 Ladrillos silicoaluminosos (chamota)
- 3.5 Clasificaciones de los ladrillos silicoaluminosos
- 3.6 Ladrillos de alta alúmina
- 3.7 Clasificaciones de los ladrillos de alta alúmina
- 3.8 Otros de ladrillos de alta alúmina
 - 3.8.1 Ladrillos de mullita
 - 3.8.2 Ladrillos de corindón
 - 3.8.3 Ladrillos de cromo-corindón
 - 3.8.4 Ladrillos químicamente aglomerados
 - 3.8.5 Ladrillos de alúmina-cromo
 - 3.8.6 ladrillos de alúmina-carbono

4. MATERIALES BÁSICOS

- 4.1 Refractarios de base magnesita
 - 4.1.1 Propiedades principales
 - 4.1.2 fabricación
- 4.2 Ladrillos de cromo-magnesia y magnesia-cromo
- 4.3 Ladrillos de cromita
- 4.4 Ladrillos de magnesia-espinela
- 4.5 Ladrillos de magnesia-zirconio
- 4.6 Ladrillos de forsterita
- 4.7 Ladrillos de dolomía
- 4.8 Ladrillos básicos aglomerados con carbono

5. MATERIALES ESPECIALES

- 5.1 Ladrillos refractarios de circona y zircón
- 5.2 Ladrillos refractarios de carbono
- 5.3 Ladrillos refractarios de grafito
- 5.4 Ladrillos refractarios de carburo de silicio
- 5.5 Ladrillos electrofundidos

6. MATERIALES AISLANTES

- 6.1 Materiales aislantes
- 6.2 Empleo de materiales aislantes
- 6.3 Características de los materiales aislantes
- 6.4 Ladrillos refractarios aislantes
- 6.5 Clasificación
 - 6.6 Ladrillos aislantes
 - 6.6.1 Ladrillos de Kieselguhr
 - 6.6.2 Ladrillos de perlita
 - 6.6.3 Ladrillos Moler
 - 6.6.4 Ladrillos de vermiculita
 - 6.6.5 Otros ladrillos aislantes
 - 6.7 Hormigones aislantes
 - 6.8 Silicato cálcico
 - 6.9 Materiales microporosos
 - 6.10 Fibra cerámica

7. FIBRAS CERÁMICAS- FCR

- 7.1 Fabricación de la fibra cerámica
- 7.2 Características de la fibra cerámica
- 7.3 Las normas en la fibra cerámica
- 7.4 Presentación de la fibra cerámica
 - 7.4.1 Granel
 - 7.4.2 Granel cortado
 - 7.4.3 Granel molido
 - 7.4.4 Manta
 - 7.4.5 Fieltro, cartón y papel
 - 7.4.6 Panel o placa
 - 7.4.7 Tejidos variados
 - 7.4.8 Formas especiales
 - 7.4.9 Masilla y fibra cerámica plástica
 - 7.4.10 Fibra proyectable
 - 7.4.11 Módulos
 - 7.4.12 Bloque
 - 7.4.13 Hormigón
- 7.5 Elementos auxiliares
- 7.6 Elección del tipo constructivo
 - 7.6.1 Construcción por capas de manta
 - 7.6.2 Construcción por módulos
 - 7.6.3 Construcción en zonas especiales
- 7.7 Mejora de eficiencia
- 7.8 Otros tipos de fibras
 - 7.8.1 Fibra mineral
 - 7.8.2 Fibra biosoluble o de baja biopersistencia
- 7.9 La seguridad en el manejo de fibra cerámica
 - 7.9.1 Medidas preventivas
 - 7.9.2 Eliminación de los residuos
- 7.10 Clasificación y etiquetado según directivas europeas

8. EL AMIANTO

- 8.1 Que es el amianto
 - 8.1.1 Propiedades térmicas del amianto
 - 8.1.2 Exposición al amianto
- 8.2 Peligrosidad del amianto
- 8.3 Riesgo de amianto
- 8.4 Control de la exposición
 - 8.4.1 Los residuos del amianto
- 8.5 Plan de trabajo específico
- 8.6 El amianto y el derecho

9. MATERIALES COMPLEMENTARIOS

- 9.1 Características de los morteros refractarios
- 9.2 Clases de morteros refractarios
 - 9.2.1 Cuando no se debe utilizar mortero refractario
- 9.3 Pinturas refractarias
 - 9.3.1 Clases de pinturas refractarias

- 9.4 Masas de zarpeo
- 9.5 Pisés
- 9.6 Materiales de alta densidad para aplicación por proyección
- 9.7 Mezclas de inyección
- 9.8 Masas para protección de superficies

10. HORMIGONES REFRACTARIOS

- 10.1 Constitución de los hormigones refractarios y aislantes
- 10.2 Conceptos básicos
- 10.3 Enlaces
 - 10.3.1 Enlace cerámico
 - 10.3.2 Enlace hidráulico
 - 10.3.3 Enlace químico
 - 10.3.4 Enlace orgánico
- 10.4 Áridos
- 10.5 Clases de hormigones refractarios
- 10.6 Acelerantes y retardantes
- 10.7 Hormigones convencionales versus tixotrópicos
- 10.8 Hormigones refractarios reforzados
 - 10.8.1 Mecanismo de funcionamiento
 - 10.8.2 Tipos de fibras metálicas
 - 10.8.3 Mezclado
 - 10.8.4 Montaje de hormigones reforzados
 - 10.8.5 Propiedades y ventajas del hormigón reforzado
- 10.9 Masas de apisonar
- 10.10 Hormigones de gunitado

11. SECADO, CALENTAMIENTO, CURADO Y ENFRIAMIENTO DE HORMIGONES

- 11.1 Importancia de los procesos citados
- 11.2 Que es el curado de hormigones
- 11.3 Que es el secado de hormigones
- 11.4 Análisis del proceso de secado
- 11.5 Capilaridad y presión de vapor
- 11.6 Que es el calentamiento de hormigones
- 11.7 Que es el enfriamiento de hormigones
- 11.8 Cálculo de las curvas
- 11.9 Normas para un correcto secado de la instalación
- 11.10 Hormigones en verde
- 11.11 Hormigones temperizados

12. SISTEMAS DE ANCLAJE

- 12.1 Anclajes metálicos
- 12.2 Formas de anclajes metálicos para no conformados
 - 12.2.1 Tipo V liso
 - 12.2.2 Tipo V ondulada
 - 12.2.3 Tipo V para paredes tubulares
 - 12.2.4 Tipo V cerrada lisa
 - 12.2.5 Tipo V cerrado ondulado

- 12.2.6 Tipo L ondulado
- 12.2.7 Tipo L liso
- 12.2.8 Tipo colgante
- 12.2.9 Anclaje V con clapeta
- 12.2.10 Anclaje de dos cuerpos
- 12.2.11 Tipo Y
- 12.2.12 Stud
- 12.2.13 Anclaje especial para fibra cerámica
- 12.3 Otros sistemas de sujeción
 - 12.3.1 Malla
 - 12.3.2 Malla hexagonal
- 12.4 Soldadura de anclajes
 - 12.4.1 Preparación del anclaje
 - 12.4.2 Soldadura de studs mediante pistola
 - 12.4.3 Pruebas de soldadura
- 12.5 Cálculo del número de anclajes en hormigones
- 12.6 Materiales para anclajes metálicos
- 12.7 Ataques al metal
- 12.8 Reacciones del acero con diversos elementos
- 12.9 Anclajes metálicos en conformados
- 12.10 Cálculo del número de anclajes sujetamuros
- 12.11 Anclajes cerámicos
- 12.12 Ménsulas

13. CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES

- 13.1 Descripción de un sistema de calidad
 - 13.1.1 Memoria descriptiva
 - 13.1.2 Criterios de aceptación y rechazo
 - 13.1.3 Calidades de materiales y piezas de forma
 - 13.1.4 Informes de inspección y actas
- 13.2 Comprobaciones y ensayos
 - 13.2.1 Toma de datos
 - 13.2.2 Muestreo
 - 13.2.3 Ensayos del fabricante
- 13.3 Ensayos no destructivos
 - 13.3.1 Grado de cocción
 - 13.3.2 Resistencia de la pieza
 - 13.3.3 Fisuras y grietas
 - 13.3.4 Sonido
 - 13.3.5 Textura
 - 13.3.6 Dimensiones
- 13.4 Ensayos destructivos

14. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES REFRACTARIOS I

- 14.1 Resistencia pirosfópica. Refractariedad
- 14.2 Reblandecimiento a temperatura bajo carga. T_a y T_e
- 14.3 Dilatación
- 14.4 Cambio lineal permanente. Postcontracción y postdilatación
- 14.5 Conductividad
- 14.6 Calor específico

- 14.7 Dilatación bajo carga
- 14.8 Resistencia al choque térmico

15. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES REFRACTARIOS II

- 15.1 Composición química
- 15.2 Tolerancia dimensional
- 15.3 Alabeo
- 15.4 Densidad
- 15.5 Densidad aparente
- 15.6 Porosidad total y aparente
- 15.7 Resistencia a la compresión en frío
- 15.8 Resistencia a la tracción
- 15.9 Resistencia a la abrasión
- 15.10 Capacidad de elevación de agua
- 15.11 Permeabilidad a los gases
- 15.12 Permeabilidad a los ácidos
- 15.13 Astillado
 - 15.13.1 Astillado de origen térmico
 - 15.13.2 Astillado de origen interno(modificativo)
 - 15.13.3 Astillado de origen mecánico

16. ATAQUES EN LOS REVESTIMIENTOS REFRACTARIOS

- 16.1 Ataques por temperatura
- 16.2 Ataques por esfuerzos mecánicos
- 16.3 Ataques por el tipo de atmósfera
- 16.4 Ataques por escorias
- 16.5 Ataques por baños
- 16.6 Otros ataques

17. INICIACIÓN A LA TERMODINÁMICA EN MATERIALES REFRACTARIOS

- 17.1 Transmisión de calor
 - 17.1.1 Transmisión por conducción
 - 17.1.2 Transmisión por convección
 - 17.1.3 Transmisión por radiación
- 17.2 Principios básicos de la termodinámica
 - 17.2.1 Medición y escalas de temperatura
- 17.3 Dilataciones
 - 17.3.1 Dilatación lineal
 - 17.3.2 Dilatación superficial
 - 17.3.3 Dilatación volumétrica
 - 17.3.4 Ejemplo de dilatación lineal
- 17.4 Calor y flujo de calor
- 17.5 Conductividad
- 17.6 Diagrama de Sankey
- 17.7 Difusividad
 - 17.7.1 Ejemplo de difusividad
- 17.8 Coeficientes de transferencia térmica
 - 17.8.1 Variación de los coeficientes
- 17.9 Transmisión térmica en una pared cilíndrica

17.10 Superficie media de pérdida energética

18. CÁLCULOS TÉRMICOS

18.1 Transmisión térmica en una pared plana multicapa

18.1.1 Representación gráfica

18.1.2 representación gráfica en pared cilíndrica multicapa

18.2 Ejemplo de cálculo térmico en una dimensión

19. MAQUINARIA ESPECÍFICA PARA LA INDUSTRIA DEL MONTAJE REFRACTARIO

19.1 Amasadora planetaria

19.2 Máquina de chorrear

19.3 Máquina de gunitar

19.4 Cortadora-tronzadora de material refractario

19.5 Bomba de hormigonado

19.6 Cercha neumática

19.7 Miscelánea

19.7.1 Martillo retacador de chapas

19.7.2 Martillo apisonador

19.7.3 Vibrador

19.7.4 Taladro batidor

19.7.5 Tensores

19.7.6 Ventosa de vacío

19.7.7 Cáncamo

19.7.8 Banderilla

20. NORMAS DE APLICACIÓN DE MATERIALES REFRACTARIOS

20.1 Almacenamiento

20.2 Transporte

20.3 Amasado

20.3.1 Agua de amasado

20.3.2 Prueba de la bola en mano

20.4 Gunitado de hormigones

20.5 Operaciones con gunitado

20.5.1 Medidas de seguridad

20.6 Medidas a tomar previas al hormigonado

20.6.1 Encofrados

20.7 Procedimiento de vertido

20.8 Proceso de fraguado

20.9 Proceso de apisonado

21. INTERVENCIÓN EN REVESTIMIENTOS

21.1 Planificación

21.1.1 Información de las particularidades de la intervención

21.1.2 Normas de montaje

21.1.3 Inspección previa a la propiedad (obra)

21.1.4 Reunión con la propiedad

21.1.5 Planificación del montaje

- 21.1.6 Planificación de la implantación
- 21.1.7 Planificación del andamiaje y las maniobras
- 21.1.8 Planificación del suministro de materiales refractarios
- 21.1.9 Limitación de campos de actuación
- 21.2 Organización
 - 21.2.1 Plano de apilamientos
 - 21.2.2 Comprobación de la maquinaria
 - 21.2.3 Instalación en obra
 - 21.2.4 Inicio de obra
- 21.3 Dirección y supervisión
 - 21.3.1 Dirección de obra
 - 21.3.2 Supervisión de obra
 - 21.3.3 Política de seguridad
- 21.4 Optimización
- 21.5 Control
 - 21.5.1 Reuniones
- 21.6 Evaluación de resultados
- 21.7 Medidas correctoras

22. MATERIALES Y SISTEMA ALTERNATIVOS

- 22.1 Materiales de autosoldadura
- 22.2 Sistemas de proyección en húmedo
 - 22.2.1 Descripción de un sistema tipo
- 22.3 Materiales autocolables
- 22.4 Materiales infiltrados
- 22.5 Sistema de agujas infiltradas
- 22.6 Sistema de cubas monolíticas
- 22.7 Láminas metálicas anticorrosión

23. EL REFRACTARIO EN LA INDUSTRIA DEL ACERO

- 23.1 Instalaciones refractadas en la siderurgia
- 23.2 Acerías eléctricas
 - 23.2.1 Horno eléctrico
 - 23.2.2 Cámara de decantación
 - 23.2.3 Cucharas
 - 23.2.4 Convertidores
 - 23.2.5 Foso de colada
 - 23.2.6 Carro portacucharas
 - 23.2.7 Recipiente de vacío
 - 23.2.8 Planchada de colada
 - 23.2.9 Artesas
 - 23.2.10 Otros
- 23.3 Siderurgia integral
 - 23.3.1 El horno alto
 - 23.3.2 Estufa
 - 23.3.3 Batería de hornos de coque
- 23.4 Laminación
 - 23.4.1 Hornos de recalentamiento de empuje y largueros
 - 23.4.2 Hornos de solera giratoria

24. REVESTIMIENTOS REFRACTARIOS EN OTRAS INDUSTRIAS

- 24.1 Hornos de vidrio
 - 24.1.1 Horno de vidrio hueco
 - 24.1.2 Cámaras de regeneración de hornos de vidrio hueco
 - 24.1.3 Horno de vidrio plano
- 24.2 Hornos para metalurgia no férrica
 - 24.2.1 Horno rotativo para fusión de cobres y aleaciones afines
 - 24.2.2 Horno rotativo- basculante de aluminio
 - 24.2.3 Horno reverbero de aluminio
- 24.3 Hornos de cemento
 - 24.3.1 Horno de cemento
 - 24.3.2 Cabezal
 - 24.3.3 Enfriador
 - 24.3.4 Torre de intercambiadores
- 24.4 Plantas de valoración de residuos
 - 24.4.1 Horno de incineración de lodos
 - 24.4.2 Horno de incineración de R.S.U.
- 24.5 Industria cerámica
 - 24.5.1 Horno intermitente
 - 24.5.2 Vagoneta
 - 24.5.3 Horno de fritas
- 24.6 Industria petroquímica
- 24.7 Chimeneas
- 24.8 Industrias varias
 - 24.8.1 Horno rotativo de cal
 - 24.8.2 Horno vertical de cal
 - 24.8.3 Horno rotativo de yeso

Para pedirlo:

CADEM
ENTE VASCO DE LA ENERGÍA
Alda. de Urquijo 36, 1ª planta
Edificio Plaza Bizkaia
Tno 944035600
Sta. Silvia Revilla

También se puede adquirir directamente
en la página web de LA CASA DEL LIBRO
Información en COITI Alicante