

**SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
DIRECCIÓN DE NUEVAS CREACIONES**

2020
Bogotá, D.C.,

Abogado
JUAN PABLO CADENA SARMIENTO

ASUNTO	Radicación	09 030 072
	Trámite	011
	Evento	378
	Actuación	519
	Oficio	
	Folios	5

09281

Patente de Invención



Patente de Modelo de Utilidad



Via Nacional

Via PCT (Fase Nacional)



Capítulo I



Capítulo II

No. Solicitud Internacional

PCT/EP2007/007030

Fecha de Presentación Internacional

09/Agosto/2007

Como resultado del Examen de Fondo realizado, con fundamento en el Artículo 45 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina, se comunica:

1. Documentos estudiados

Descripción:	Folios 38 a 44	24/Marzo/2009
Reivindicaciones:	Folios 45 a 47	24/Marzo/2009
Dibujos:	Folio 48	24/Marzo/2009
Prioridad:	DE 10 2006 045 067.1	21/Septiembre/2006

2. Análisis de la Prioridad

Se acepta la reivindicación de Prioridad porque:

Esta solicitud fue presentada dentro del plazo establecido (Art. 9 D 486). Y su contenido técnico corresponde con el de la prioridad reivindicada.

3. Objeto de la invención

Título de la solicitud: "Horno de Coque con Propiedades de Calefacción Mejoradas".

El problema planteado en esta solicitud consiste en suministrar de manera uniforme la entrada de aire de combustión dentro de un horno de coque, para lograr una combustión completa y más eficiente; además, se presenta la necesidad de mejorar la conducción de gas y de calor dentro del horno, reduciendo el tiempo de coquización y además lograr un máximo aprovechamiento de calor.

Para resolver este problema técnico la solicitud en estudio proporciona un horno de coque de construcción horizontal, que comprende una cámara interna de coquización, conductos verticales de salida de humo, montados lateralmente,

Expediente 09 030 072 1er Art 45

conductos de gases de humo colocados horizontalmente extendidos debajo de la cámara de coquización y elementos de calefacción colocados en el espacio libre del horno.

El objeto de la presente Solicitud se relaciona con la Clasificación Internacional de Patentes (CIP): C 10 B 29/00 // B 29/02 // B 15/02; F 27 D 11/00.

4. Reivindicaciones relativas a un uso o a un segundo uso (Art 14 y 21 D 486)

El uso de la reivindicación 11, descrita de la siguiente forma: "un método para la producción de coque utilizando uno o más hornos de coque de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes", no es patentable, de acuerdo con el Art 14.

5. De la Solicitud de Patente

Reivindicaciones (Art 30 D 486, Art 22 PCT)

- Las reivindicaciones 2 a la 10 deben tener como preámbulo: "Un horno de coque de construcción horizontal, de acuerdo a la reivindicación...", ya que la expresión utilizada en el preámbulo de estas reivindicaciones "un dispositivo como se define en la reivindicación...", no es clara, ya que no define el objeto reclamado.
- Las reivindicaciones 1 a la 3 presentan la expresión "por lo menos". Esta expresión no permite una comparación con el estado de la técnica, y por tanto, no es clara.
- La reivindicación 11 habla de un método de producción de coque utilizando uno o más hornos de coque. No existe un método especificado en el capítulo descriptivo, que soporte el método reivindicado. Por otro lado, se observa que es un uso, lo cual, no es permitido.
- La reivindicación 9 presenta una ventaja de la invención, descrito de la siguiente forma "...los elementos de calefacción terciarios pueden suspenderse en forma desmontable en soportes apropiados..." Las ventajas no son permitidas como características técnicas.

Descripción (Art 28 D 486)

- En el folio 41, párrafo 10 hablan del tamaño de grano de la micro estructura de la cubierta de alta emisión, que sea menor o igual a 15 µm, y que en el mejor de los casos varía entre 2,5 y 10 µm. Teóricamente, un tamaño de grano con este rango no debe incluir el valor de cero µm, que se da entender con el intervalo menor o igual. Favor hacer la aclaración.

6. Determinación del Estado de la Técnica

El estado de la técnica se determinó con base en la fecha de presentación de la solicitud de prioridad: Septiembre 21 de 2006, y se encontraron los siguientes documentos que anticipan el objeto de esta solicitud:

Item	Bibliografía	Título	Fecha de Publicación*
D1	AISTech 2005 Proccedings-Vol. 1	Overview of Uhde Heat recovery Cokemaking Technology	12/Mayo/2005
D2	Stahl Und Eisen	Einsatz von Hochemissions- Coatings an innenwanden von Warmofen	14/Marzo/1990

D1 http://books.google.com.co/books/about/AISTech_2005_and_ICS_2005.html?id=4vJ5PwAACAAJ&redir_esc=y divulga (página 26, párr. 4, folio 73) un sistema de recuperación de calor para un horno de coque, en el cual soluciona el problema de generación de subproductos de combustión debida a la combustión parcial

D2 divulga (página 99, renglones primer párrafo, folio 86) un estudio acerca de recubrimiento de alta emisión en las paredes de un horno y su implicación en la emisión de calor.

7. Examen de Patentabilidad (Art 14 D486)

Nivel Inventivo (Art18 D486)

La reivindicación 1 consiste en un horno de coque de construcción horizontal (del tipo con/sin recuperación de calor), que consta por lo menos de una cámara de coquización, conductos verticales de salida de humos, montados lateralmente, así como conductos del piso, montados horizontalmente y debajo de la cámara de coquización para recalentamiento indirecto de la citada cámara de coquización, caracterizado porque por lo menos una parte de las paredes interiores de la cámara de coquización se configura como superficies de calefacción secundarias revistiéndolas con una cubierta de alta emisión (HEB), siendo el grado de emisión de esta cubierta de alta emisión igual o mayor que 0.9.

Comparación de las características técnicas **esenciales**, con las del Estado de la Técnica:

Características esenciales	D1	D2
Horno de coque de construcción horizontal (del tipo con/sin recuperación de calor), que consta de	Horno de recuperación de calor UHDE. (Folio 74, pág. 27, párr. 2 al 9; folio 75, pág. 28, figura 3).	El uso de recubrimientos de alto nivel de emisiones en las paredes interiores del hornillo. (Título).
Una cámara de coquización	Cubierta de cámara. (Folio 75, pág. 28, figura 3).	No menciona
Conductos verticales de salida de humos, montados lateralmente	Tubos de bajada. (Folio 28, pág. 28, figura 3).	No menciona
Conductos de gases de humo del piso, montados horizontalmente y debajo de la cámara de coquización para recalentamiento indirecto de la citada cámara de coquización	Entradas de aire con entradas de combustible en el suelo del horno (Folio 74, pág. 27 segundo párrafo; folio 75, pág. 28, figura 3).	No menciona
Caracterizado porque por lo menos una parte de las paredes interiores de la cámara de coquización se configura como superficies de calefacción secundarias revistiéndolas con una cubierta de alta emisión (HEB), siendo el grado de emisión de esta cubierta de alta emisión igual o mayor que 0.9.	No menciona	La figura 7 muestra el flujo de calor calculado sobre la emisividad de la pared del horno se aplica, a saber: directamente desde la superficie al interior del horno, indirectamente a través del horno de pared como la suma total. Del horno de la pared en la superficie aumenta con el aumento de emisiones súbitamente aumentadas. Directamente desde el gas de combustión más en el interior, por otro lado este flujo es más débil. Que el aumento en flujo de calor total. Para aumentar la emisividad de 0,4 a 0,95

		estaba en diferentes parámetros de operación en este caso, una Mejora de del flujo de calor general se estima entre 4 y 8%. (Pág. 103, col. 1, líneas 5 a 16; pág. 102, figura 7)
--	--	---

Los documentos D1 y D2 se consideran el estado de la técnica cercano a la invención definida en la reivindicación 1 porque divulgan un horno de coquización horizontal con recuperación de calor.

La diferencia entre la invención, definida en la reivindicación 1 y la tecnología de recuperación de calor del horno de coque de D2 consiste en que la invención comprende de uno o mas elementos de calor dispuestos en el interior de la cámara en el espacio libre del mismo, además de presentar una capa de alta emisión de calor que da un índice de emisión de calor mayor o igual de 0,9.

La diferencia entre la invención, definida en la reivindicación 1 y el artículo sobre capas emisoras de calor de D2 consiste en que el invento presenta una forma característica de un horno horizontal de coque con una disposición de componentes específica.

El efecto que logra el incluir una capa de alta emisión dentro de la pared del horno es que aumenta el flujo de calor generado dentro de la cámara de coquización, permitiendo una temperatura mas uniforme en el momento del proceso de coquización y reduciendo el tiempo de este.

Por lo tanto, el Problema Técnico Objetivo que pretende resolver esta invención se puede formular así: "cómo modificar el horno de recuperación de calor conocido en D2 para distribuir uniformemente el calor generado dentro de la cámara, y aprovechar el combustible para reducir el tiempo de coquización del producto".

Sin embargo, la utilización de capas de alta emisión para aumentar el flujo de calor dentro de un horno, ya está divulgada en el documento D2 que se refiere a una investigación del impacto de las capas de alta emisión, que consiste en que se calculó el flujo de calor generado dentro del horno entre la pared interna y las paredes de dicho horno. De acuerdo a estos cálculos, hay una mejora de emisión de calor al pasar de una emisión de 0,4 a 0,95 cuando se aumenta la rata de calor entre el 4 al 8%. (Pág. 103, col. 1, líneas 5 a 16 pág. 102, figura 7 gráficos de flujo de calor contra emisión en los puntos críticos).

En consecuencia, la persona del oficio normalmente versada en la materia, incluiría una capa de emisión de calor que aumente hasta 0,95 de D2 en el horno de recuperación de calor UHDE de D1 para llegar así al objeto de la reivindicación 1 de la solicitud. Por lo cual se considera obvia.

De acuerdo a la tabla y al análisis anterior, las reivindicaciones dependientes relacionadas son afectadas por nivel inventivo, por las razones dadas a continuación:

D1 revela que el recubrimiento de la arte interior de horno se hace completamente de sílice (folio 81, pág. 34, col. 2, párr. 2), afectando el nivel inventivo de la reivindicación 3.

D1 revela que los conductos de calor del piso son en forma de doble serpentina, Expediente 09 030 072 1er Art 45

además de los elementos secundarios de calor son en forma de arcos (folio 82, pág. 35, col. 2, párr. 3-folio 83, pág. 36, col. 1, primer párrafo; *Ibid.*, párr. 2), afectando el nivel inventivo de las reivindicaciones 6 a 9.

D1 revela que la incineración del carbón se logra a temperaturas de 1300°C a 1400°C (folio 83, pág. 36, col. 1, párr. 2), afectando el nivel inventivo de la reivindicación 12.

8. Conclusión

Los requisitos de Patentabilidad de la presente Solicitud están afectados así:

Item	Documento	Reivindicaciones afectadas	Requisito que afecta
D1	AISTech 2005 Proceedings-Vol. 1	1,3, 6 a 9 y 12	Nivel Inventivo
D2	Stahl Und Eisen	1,3, 6 a 9 y 12	Nivel Inventivo

OBSERVACIONES

Este Despacho encuentra que a nivel de trámite nacional se encuentra la solicitud de número de radiación 09-30077 con la misma fecha de prioridad de esta solicitud (21 de septiembre de 2009).

Se le sugiere al solicitante tener en cuenta revisar que la materia que se reclama en la actual solicitud se encuentre excluida dentro del alcance de la solicitud 09-30077.

En cumplimiento del artículo 45 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina, se le indica que debe dar respuesta dentro del término de sesenta (60) días contados a partir de la fecha de notificación de la presente comunicación. En caso de no dar respuesta al presente requerimiento, o si a pesar de la respuesta subsistieran los impedimentos para la concesión, se denegará la patente.

Se invita al solicitante se sirva indicar, si así lo considera, su renuncia al término faltante para sesenta (60) días y presentarla por escrito

Notifíquese el presente oficio conforme a lo dispuesto en el numeral 5.2, literal e), del capítulo quinto del título primero de la Circular Única No. 10 de 2001.



JOSÉ LUIS SALAZAR LÓPEZ

Director de Nuevas Creaciones (C)

El anterior requerimiento fue notificado por fijación en lista, de fecha

10 JUN 2012

Elaborado por: Leonardo Rojas Vega **LRV**
Revisado por: Rosa Patricia Téllez **RT**

Overview of Uhde Heat Recovery Cokemaking Technology

Ulrich Kochanski, Franz Schuecker

Uhde GmbH

Friedrich Uhde Strasse 15

D-44141 Dortmund, Germany

Tel: +49 231 547 2810

Fax: +49 231 547 2070

E-mail: KochanskiU@tkr-uhde.thyssenkrupp.com

R.V. Ramani, Michael Platts

Uhde Corporation of America

1370 Washington Pike,

Bridgeville, PA 15017

Tel: 412 257 8277

Fax: 412 257 8344

E-mail: uhde@tkr-uhdeusa.thyssenkrupp.com

Key words: Coke ovens, Non Recovery, Heat Recovery, Stamp Charging

INTRODUCTION

UHDE-USA is the North American subsidiary of UHDE GmbH of Dortmund, Germany, a ThyssenKrupp Technologies company. UHDE is the world leader in the design and construction of conventional cokemaking plants, from the smallest ovens to the world's largest 8.3m tall ovens. UHDE's experience in cokemaking dates back to the year 1872 and encompasses all aspects of conventional cokemaking technology, including oven service machinery, environmental protection equipment and coke oven by-product plant for gas handling. Under UHDE today, through mergers and acquisitions, the former cokemaking technology companies Carl Still, Dr. C. Otto, Koppers, Didier and Wilputte are combined and represented. The high level of UHDE's conventional cokemaking expertise is demonstrated by the new 8.3-meter tall coke ovens commissioned in 2003 at the ThyssenKrupp Schweigern coke plant in Germany, producing 2.7 million tons per year of blast furnace coke from two 70-oven batteries. In recent years UHDE has been active in the development of heat-recovery cokemaking technology and has constructed operating ovens at Illawarra in Australia demonstrating the UHDE design.

The heat-recovery method of cokemaking is a long established process that predates "conventional" by-product cokemaking technology. The heat-recovery technology includes such basic methods as "beehive" cokemaking, which is practiced in several countries and requires very little technical expertise. In the early 20th century heat-recovery ovens evolved to a more efficient design with greater throughputs. The basic changes consisted of improvements in the oven refractory materials and design, closer control of the combustion conditions in the ovens and channeling of the waste gases through heating flues to provide indirect heating of the coal in the ovens. Several companies constructed and operated such heat-recovery coke ovens around the world, including Illawarra Coke in Australia (in continuous operation since 1912), and Jewell Coke in the USA.

As the economics of by-product recovery from conventional coke ovens worsened in the 1960's and 1970's other companies continued the development of heat-recovery cokemaking technology as a cost effective alternative. One of such company was Pennsylvania Coke Technology Inc. (PACTI), which designed, built and operated a full size demonstration plant consisting of two heat-recovery coke ovens in Nueva Rosita, Mexico. In 1995 UHDE entered into an exclusive license agreement with PACTI for their heat-recovery technology. UHDE of Dortmund, Germany has modified and improved the heat-recovery cokemaking technology developed by Pennsylvania Coke Technology (PACTI) of Greensburg, Pennsylvania. UHDE has incorporated its extensive know-how

and experience in the design, construction, and operation of coke oven batteries into the heat-recovery ~~XP008068124~~ UHDE Heat Recovery Cokemaking Technology provides an economical and environmentally sound answer to the production of blast furnace coke. Ovens incorporating this new design have been installed and are presently in operation at the Coalcliff coke plant of Illawarra Coke Company in Wollongong, Australia, where they continue to demonstrate the high productivity achieved through the application of UHDE technology.

To further optimize the heat-recovery cokemaking process UHDE has incorporated proven coal stamping technology. Coal stamping is a very well established and proven coal preparation method, with almost 20 million tons per year capacity installed at conventional coke oven batteries in Germany, India, Russia and elsewhere. Stamp charging applied to heat-recovery coke oven batteries offers significant advantages, including higher coke productivity per oven, minimized charging emissions and the ability to achieve desired coke quality using a wider range of feed coals.

The UHDE system includes the following proprietary design features, which improve coke quality as well as oven productivity and performance:

- Side Charging with Coal Stamping
- Emission Free Pushing
- Combustion Air Control for Uniform Heating.

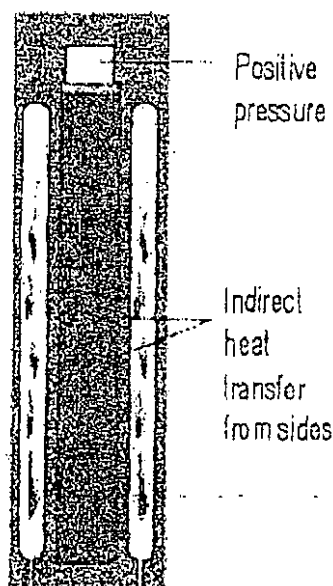
The ovens are designed to achieve the longevity expected in the cokemaking industry. This is accomplished by the selection of proven design features combined with the use of proper materials of construction such as quality silica bricks and spring-supported oven bracing.

HEAT RECOVERY COKEMAKING SYSTEM DESIGN

General Description

Heat-recovery coke ovens make use of the heat generated by partial combustion of coal and combustion of emitted gases to carbonize the coal charge to coke. The partially burnt gas produced during carbonization is drawn out through downcomers in the oven walls and further burnt with secondary air below the oven floor so that heat of combustion is further utilized for carbonization of coal from the bottom. This allows carbonization to take place in the coal charge from top and bottom. The basic difference between the by-product coke oven battery and heat-recovery coke ovens is that in the by-product coke oven, the heat input into the oven is produced by burning fuel gas in the flues flanking both sides of the oven with carbonization taking place in the absence of air. In the by-product coke oven, the progression of carbonization proceeds in the horizontal direction whereas in the heat-recovery coke oven, the same proceeds in the vertical direction i.e. from top and bottom. Figure 1 indicates this basic difference in technology.

By-Product Coke Oven



Non-Recovery Coke Oven

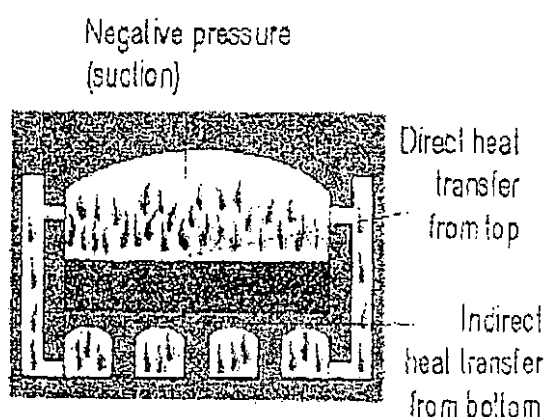


Figure 1 - Comparison between cokemaking technologies

92
74

XP008068124

Another important difference is that in the by-product coke oven, the oven atmosphere is positive. In the heat-recovery coke ovens, the pressure inside the oven is negative. This makes heat-recovery coke ovens free from gaseous emissions from the ovens during carbonization and hence the sealing of the oven closures is made simpler, cheaper and easier to maintain. This contributes significantly to the fact that heat-recovery ovens are environmentally friendly and comply with strict pollution control requirements.

UHDE Design Features

UHDE design heat-recovery coke ovens incorporate a more efficient sole flue heating system. This is an improvement over the heat-recovery ovens of the past. The first generation of heat-recovery coke making started in 1920. In this, the gases from the ovens were directed through combustion downcomers into the sole flues below the oven floor to heat the sole of the ovens with the heat in the gas. These ovens had a simple sole flue design and limited number of downcomers. This limitation caused uneven heating of the ovens, which adversely affected the coking time. However, it could demonstrate that the heat-recovery process was a viable means to produce coke and reduce oven emissions.

The second-generation heat-recovery ovens began in the USA in the 1970's. This was an adaptation of the first generation design with certain improvements. The improvements consisted of the development of a serpentine sole flue design and incorporated additional downcomers with secondary air introduction. These developments, while improving overall performance of the ovens, did not completely eliminate the problems encountered by the 1st generation ovens. The new design ovens had improved the sole flue heating, however still suffered uneven distribution of heat across the floor. These deficiencies have been overcome in the third generation heat-recovery ovens developed by UHDE. The third generation UHDE heat-recovery technology incorporates the following improvements:

Incorporation of multiple downcomers and introduction of secondary air at the base of each sole flue, in order to achieve air-staged combustion at the sole flues and uniform heat distribution. Air-staged combustion will achieve low NOx emission formation due to low individual flame temperatures.

Use of downcomer flow control devices (sliding plates), providing precise adjustment of the gas/air stoichiometry and thus the heating rate between oven top and bottom. This results in minimum coke quality variation across the bed height.

Use of side charging of the ovens, in combination with stamp charging. Stamp Charging is a proven technology that uses a coal stamping machine to produce a compacted, cohesive block of charge coal that has approximately the same length and width dimensions as the oven chamber. The block height is uniform, without requiring leveling. Bulk density of the coal is increased, which improves the coal throughput of the oven requiring fewer ovens for a given coke production rate. Stamping may achieve improved coke properties using lower quality and less expensive coals, providing greater flexibility in choosing the coal feedstock. Stamp charging does not require the charging machinery to enter the oven, as is the case with some competing systems. Thus water-cooling of the charging equipment and the watering of the coal itself to reduce charging emissions are not necessary.

The use of a Flat Bed Quench Car, minimizes coke pushing emissions by maintaining the coke cake in a cohesive mass as it is pushed from the oven.

Typical Basis of Design

Coal	Metallurgical Coking Coal Blend
Coal size as charged	80% < 1/8"
Volatile Matter (daf)	27.0%
Moisture (in coal)	8.0%
Coking time	46 hours
Coke yield	77 % dry/dry
Coal combustion loss (approx.)	3 %

Typical Plant Arrangement

Number of ovens	144
Number of oven banks	12 x 12
Oven length	15500 mm
Coal bed height	1000 mm
Oven width approx.	3800 mm (hot)
Coal throughput	1,750,000 short tons per year
Coke production rate (total)	1,200,000 short tons per year

The main cokemaking steps are shown in the schematic diagram, Figure 2, below.

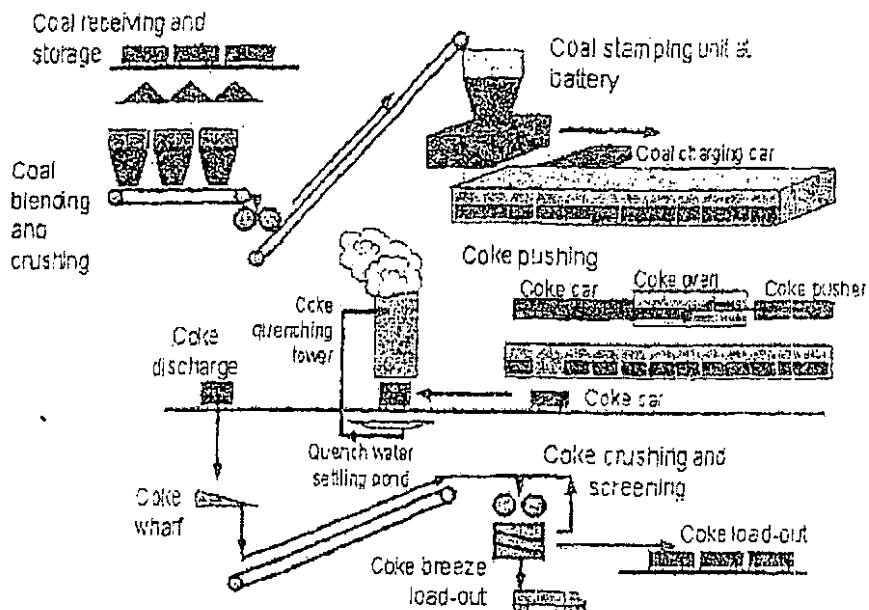


Figure 2 - Heat Recovery Cokemaking Schematic

Coal Handling

Coal is supplied to the cokemaking facility typically by rail. The coal is unloaded, crushed, blended and stored. The blended coal is transported by conveyor to the feed hopper of the coal stamping machine which is located adjacent to the coke oven battery. Using only the existing coal moisture as a binding agent, the coal stamping machine will produce a compacted, cohesive block of charge coal which has the same length and width dimensions as the oven chamber. The block height is uniform, set to correspond to the desired coke production rate. The stamped charge block is transported to the oven being charged by the coal charge car.

Coke Oven Battery

The coke ovens are typically arranged in one row, comprising one single coke oven battery. The ovens of the battery are subdivided into banks of typically 12 ovens. Each pair of adjacent oven banks, consisting of 24 ovens forms an independent process module for operating purposes. Figure 3 shows a schematic of the UHDE heat recovery oven.

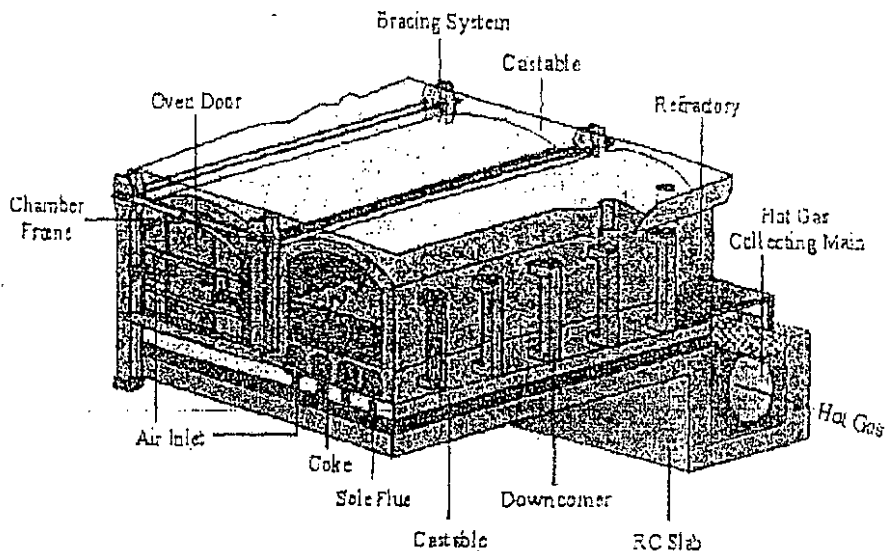


Figure 3 - UHDE Heat-Recovery Oven

As the coal enters the hot oven, the top surface of the coal bed ignites and the coal begins to devolatilize. When the coal is charged, primary air is selectively admitted into the oven chamber through four dampers in the oven doors and two openings on oven roof to combust a portion of the raw coke oven gas and so provide the heat source to carbonize the coal in a downward direction. It is vital to ensure even heat distribution over the entire mass of coal in the oven, so that all parts of the coal charge are evenly coked out. This is accomplished through the proper design of heating flues in the oven walls, controlling the individual fuel gas supply to each of these flues and providing for the proper distribution and control of combustion air to each of these heating flues. The UHDE design addresses this by providing ample and uniformly arranged flues (downcomers) in the oven walls to evenly draw off the combustion gases from the oven chamber over its full length. Ten downcomers are provided per oven. Each of these downcomers is provided with an adjustable damper so that any variation in available waste gas suction at each flue can be taken into account. The UHDE design incorporates serpentine heating flues in the oven floor, through which the waste gases flow, providing indirect heat to the coal bed above. In the heat-recovery oven, suction in the oven chamber is used to draw in primary combustion air through air ports in the oven doors and in the oven roof. To provide heat from below the coal bed as well as from above, the amount of combustion air provided directly to the oven chamber is limited by means of dampers in the primary combustion air ports. The combustion above the coal bed is purposely kept in a sub-stoichiometric condition to allow unburned coke oven gas to flow through the downcomers into the underfloor serpentine flues. Here, additional air is provided through secondary air ports and secondary combustion takes place. The UHDE design provides for the staged introduction of secondary air into the serpentine flues, to provide for staged combustion and to ensure that the heat is distributed evenly over the coal bed in the oven. This concept is directly comparable to the staged combustion practiced in the heating flues of UHDE designed conventional ovens. This method of combustion control avoids the risk of hot spots being created in the heating flues due to inadequately controlled combustion. UHDE places great emphasis on the provision of means to reliably control the quantity and distribution of combustion air to the heat-recovery coke oven heating system. This ensures even heating, avoids hot-spots and results in a fully combusted waste gas with minimum excess air and thus maximum potential for waste heat recovery.

Figure 4 shows a schematic of the sole flue design of the UHDE heat-recovery oven.

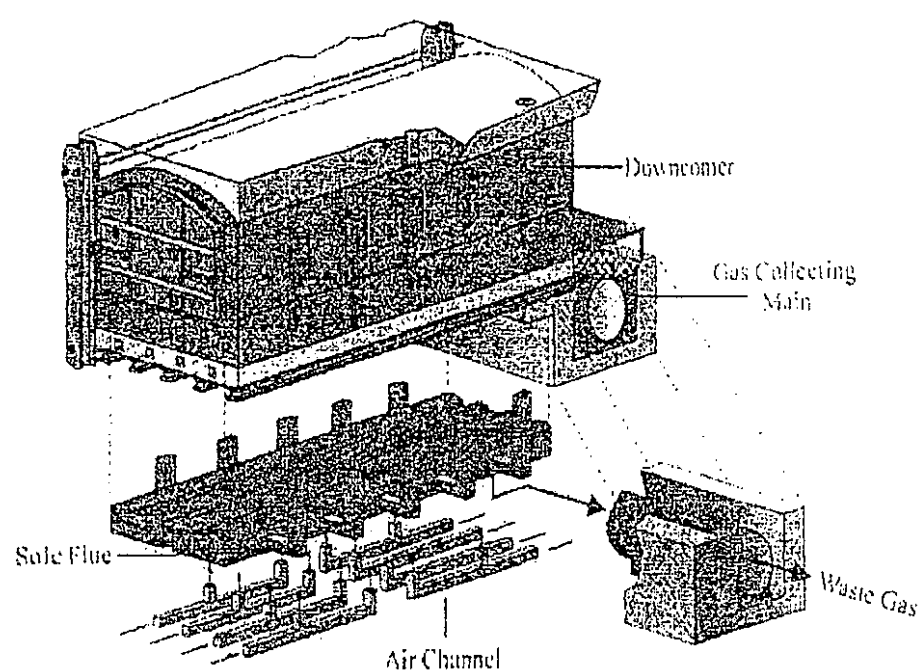


Figure 4 - UHDE Heat-Recovery Oven Sole Flue Design

The products of combustion from the sole flues are then drawn into the waste gas collecting duct by the negative draft.

Oven Bank Construction

The main walls, oven sole and arch of the ovens are entirely of constructed using high quality silica refractories. The ovens are built on a concrete slab. The slab is at the ground level. In order to keep the surface temperature of the concrete slab to a safe minimum, intermediate layers of refractories comprising of silica, fireclay and insulation brick are provided below the sole flue. In addition to this, air cooling channels are provided between the concrete slab and the refractory block. Pinion walls are provided at the ends of the oven row to take any lateral thrust. The buttresses are of concrete construction and are provided with the necessary air cooling

channels. The low loading of the oven design typically allows the coke oven battery to be constructed at this point must always be confirmed by soil testing at the specific site. XP0008068124

Oven Bracing

A simple bracing system consisting of buckstays, wall protection plates, tie rods, etc. is provided for each oven to restrain the refractory brickwork. Spring-loaded buckstays introduce a controlled pressure through the wall protection plates against the oven brickwork. The oven face is provided with a cast iron door frame. The door frames are held in position by suitable clamps located on the wall protection plates. The face of the oven and the sole flues are partially covered by protection plates.

Oven Doors

The pusher side and coke side doors are made of structural steel plate. The inside face of the door are lined with refractory castables and insulating material of adequate thickness. The doors are provided with a latch mechanism and adjustable metal sealing strips. The door openings are sized to provide just enough clearance for the passage of the stamped coal charge and the coke cake respectively. This will maximize the ability of the existing suction inside the oven chamber to retain charging and pushing emissions within the oven chamber and waste gas system. Each door is provided with two primary air inlets for regulating the combustion in the oven cavity.

Gas Off-Take System

The collecting main ductwork receives the hot waste gases leaving the underfloor serpentine flues of each heat-recovery oven. The ovens are grouped in banks of typically 12 ovens, with each bank being served by a common collecting duct. The collecting ducts of two adjacent banks each feed into a common suction main duct, which leads to the waste heat recovery system. The average gas temperature in this ductwork is approx. 1920°F. The ductwork must be refractory lined, and designed for long-term or continuous operation. The waste gases contain sulfur dioxide, and so the steel duct walls must be insulated so that they can remain above the dew point of the waste gases to prevent corrosion. In the UHDE design the collecting ducts and suction mains are located at ground or below ground level. This allows the heavy weight of these refractory-lined mains to be directly supported on the foundations and therefore does not impose this load on the battery structure.

To protect the system in the event of an unforeseen failure in the downstream waste gas system, such as a shut-down of the waste gas suction fans, i.e. in case of power failure, each pair of oven banks is provided with an emergency waste gas bleeder stack. This will automatically vent the hot waste gas directly to atmosphere. During heat up period and waste heat boiler outage, required for frequent maintenance and inspection activities, the gas bleeder stacks are used for venting. This will provide sufficient draft to allow the continued operation of the coke ovens. In order to avoid a significant temperature increase when using high volatile coal blends additional air infiltration flaps are provided at the end of each common waste gas duct.

OVEN SERVICE MACHINERY

Coal Charging

The ovens are charged with stamped coal using a charge car travelling on rails on the pusher side of the coke oven row. The stamped block of coal is transported by the charge car from the stamping unit and inserted into the oven to be charged through a small oven door opening that is just high and wide enough to accept the coal block. This will minimize charging emissions by limiting the open door area between the oven chamber and the atmosphere. This small open area allows the existing suction in the oven to be more effective in retaining charging gases within the oven and discharge flues. Leveling of the coal charge is not required, and the evenness of the coal bed in the oven promotes even heating and optimizes throughput. Stamp Charging does not require the charging machinery to enter the oven, as is the case with some competing systems. Thus water-cooling of the charging equipment and the watering of the coal itself to reduce charging emissions are not necessary. Figure 5 shows a schematic of the coal charging process.

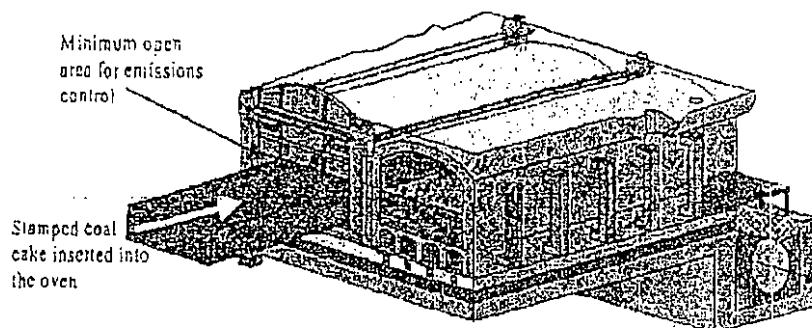


Figure 5 - Coal Charging at Oven Pusher Side

Coke Pushing

After the coal is completely carbonized, a pusher car is positioned in front of the pusher side door, and a quench car is positioned in front of the corresponding coke side door. The pusher side and coke side doors are removed and the pusher car operator slowly moves the pusher ram until contact is made with the coke mass. Gradual pressure is applied until the coke mass begins to move out of the oven chamber and into the waiting flat bed quench car. The quench car receives the coke from the oven, carries the hot coke to the quench tower, and then travels to the coke wharf where the quenched coke is discharged.

The quench car is of flat bed design to receive coke in a single spot position as the coke is pushed out of the oven, and without allowing break-up of the coke cake. This arrangement has the advantage of avoiding a fall of coke when it is pushed out of an oven, thereby minimizing particulate emissions during the push. The coke side door is designed to provide an opening that is just large enough to allow the coke cake to be pushed from the oven. Each quench box is equipped with a moveable cover to avoid fly ash blown from the coke cake as it is transported to the quench tower. The quench box is designed for a close fit against the coke side oven door frame. The small coke side door opening, combined with the moveable cover makes use of the existing suction in the oven to prevent emissions during pushing. Figure 6 shows a schematic of the coke pushing process.

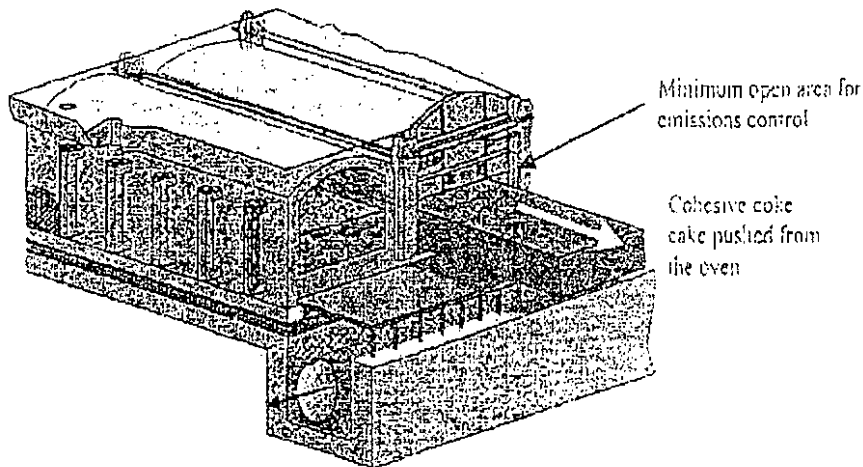


Figure 6 - Coke Pushing at Oven Coke Side

Coke Quenching

After the coke cake has been pushed into the Flat Bed Quench Car, it is moved to the quenching tower. Water is sprayed on the hot coke at a controlled rate to quench the coke and provide a consistent moisture level. The quenching system is equipped with a fresh water make-up system. The quenching tower comprises of hood and stack, spray pipes, and nozzles. Baffles in the quench tower stack minimize particulate carryover in the quench plume and provide compliance with latest provisions of the Clean Air Act.

Coke Handling

After the quench sequence, the quench car moves alongside the coke wharf. The quenched coke is pushed onto the wharf from the quench car using stationary coke pusher units provided at this location. The coke is taken from the wharf by conveyor to a crushing and screening system. Here the large coke is crushed and sized, separating out the coke breeze. The ability for sizing the coke provides an opportunity to meet specific customers' needs. The coke is transported using conveyors to a coke loadout station.

OVEN SUCTION CONTROL AND WASTE HEAT RECOVERY

Heat recovery coke ovens are operated under suction. The suction is created by induced draft (ID) fans located in the waste gas stream, typically following a flue gas desulfurization system. The ID fans are sized to produce the design suction in the coke ovens, including the differential pressure of the waste heat boilers and the flue gas desulfurization (FGD) system. Each pair of oven banks, typically 24 ovens in total, are drafted through a single waste heat boiler. For a facility of 144 ovens in total, 6 waste heat boilers would be installed. Each waste-heat boiler, and the associated 24 ovens, are operated as an independent process unit. A suction control valve in the cooled gas stream exiting the waste heat boiler ultimately controls the suction in the 24 oven group. The waste gas streams are combined after the suction control valves to a common main leading to the FGD system and the common ID fans. Waste gas suction control is one of the most important aspects of the heat-recovery cokemaking process. The suction in each oven chamber determines the amount of combustion air that is drawn in through the primary air ports in the oven doors and oven roof. Similarly, the suction in the sole flues determines the amount of secondary combustion air that is drawn in through the secondary air ports. The amount of combustion air drawn into each oven must be reliably and predictably controlled to ensure complete combustion.

97
27

of the coal volatile matter at minimum excess air, and to avoid the overheating and hot spots that much combustion air is provided. During the carbonization process raw gas is generated. In the case of heat-recovery technology, the presence of combustion air ensures that the generated raw gas is combusted to waste gas in several stages inside the oven system. The generation of raw gas and consequently of waste gas is not linear, but follows a well known curve across the entire carbonization cycle. Therefore, the amount of necessary combustion air changes accordingly. The ingress of combustion air is determined by two parameters. The first is the size of the combustion air port-openings. The second is the pressure difference between the pressure inside the oven system and the ambient air pressure. Clearly both issues are linked to each other, because different pressure/suction conditions inside the oven system affect combustion air ingress, even if the cross sections of the openings are kept the same. To minimize the fluctuations of the suction inside all oven chambers, UHDE's philosophy is to group the heat-recovery ovens into banks comprising a certain number of single oven chambers. This is due to the fact that the control suction is only of the order of approx. 1 inch water gauge and the pressure drop over the waste gas duct length, therefore, becomes significant. It is important to avoid the creation of preferential flow from certain ovens. Therefore, UHDE provides typically 12 ovens in one bank and assigns two banks, typically 24 oven chambers, to a common suction control system. Considering all double banks of an entire row of ovens, UHDE has developed a pushing schedule that results in the smallest fluctuations in the waste gas generation for each pair of banks. This results in a nearly continuous flow rate of waste gas for every pair of banks – and for the waste heat recovery boiler – and avoids major adjustments of the waste gas flow downstream of the waste heat recovery boiler using the control system. This means that the system itself avoids the larger fluctuations of the suction conditions in the single oven chambers that may appear and that may influence the adjustment of the openings for the combustion air or the ingress of combustion air.

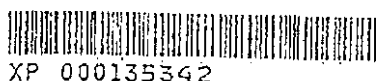
Additionally, the UHDE philosophy limits the length of the collecting main ducts, and allows them to be sized so that there is negligible pressure drop from one end of the collecting main to the other. Therefore, the suction at each of the ovens in the two connected banks can be reliably and effectively controlled by maintaining the specified pushing schedule as well as by the common suction control system. The outstanding advantage of this arrangement is that the common suction control for each pair of oven banks is provided by one butterfly valve located in the cooled waste gas downstream of the waste heat boiler. This location is chosen to allow the use of a conventional, well-proven control valve. This arrangement further avoids the use of any automated control surfaces in the hot waste gas streams, providing distinct advantages in case of operation and reliability over the long term. The temperature of the waste gas at oven off-takes is approximately 1920°F, making the reliable application of suction control valves located in the hot waste gas off-takes systems very difficult.

Although the amount of particulate matter in the waste gas is lower than that of coal combustion processes, the waste heat boilers must be designed to deal with gas side fouling caused by process upsets. Sootblowers must be installed to clean the waste heat boilers while they are on-line, and the boiler design itself must be chosen for the best resistance to fouling. The waste heat boilers are critical components of the heat recovery cokemaking system, and must have maximum operational availability in order to comply with plant emission limits.

The typical quantity of electrical energy that can be produced from the steam generated in the waste heat boilers is approximately 95MW, based on a plant producing 1.2 million tons per year of coke.

CONCLUSION

The UHDE heat recovery cokemaking process has been designed based on know-how and experience gained from over 100 years of coke plant engineering. The use of stamp charging maximizes oven productivity, and minimizes potential sources of air emissions during the charging process. UHDE's expertise in the design of oven machinery provides for long term reliability of operation. The process has been optimized to eliminate potential maintenance issues, by avoiding the need for water cooled charging machinery entering the oven, by placing the oven suction control surfaces in the cooled waste gas stream, by designing the pushing schedule to maintain a relatively steady flow of waste gas through each waste heat boiler and by the use of staged combustion to promote even heating throughout the oven sole.



XP 000135342

Wärme und Energie

F27D1/00A4

P. 99-104

Einsatz von Hochemissions-Coatings an Innenwänden von Wärmöfen

Meinhard Schulte, Rolf-Dieter Klima und Dietrich Sucker

Zielsetzung. Zur Leistungssteigerung oder zur Energieeinsparung wird in jüngster Zeit verstärkt der Einsatz von Hochemissions-Coatings an Innenwänden von Wärmöfen vorgeschlagen. In diesem Bericht wird die Wirkungsweise von Hochemissions-Coatings beschrieben. Anhand von im Schrifttum veröffentlichten Ergebnissen werden die wichtigsten Aspekte zur Beurteilung einer solchen Maßnahme aus energetischer und wirtschaftlicher Sicht erörtert.

Zusammenfassung. Der Nutzen einer Erhöhung des Emissionsgrades der Ofeninnenwand bei direkt brennstoffbeheizten Wärmöfen ist umstritten. Der Einfluß eines durch Beschichtung mit einem Hochemissions-Coating erhöhten Emissionsgrades auf die Wärmebilanz solcher Öfen wird näher erläutert.

Theoretische Überlegungen und Ergebnisse von Modellrechnungen zeigen, daß durch einen höheren Emissionsgrad der Ofenwand eine Leistungssteigerung oder eine Energieeinsparung möglich ist. Deren Bedeutung und Höhe werden jedoch im bekannten Schrifttum vermutlich vielfach überschätzt. In Labor- oder Betriebsversuchen konnte die positive Wirkung von Hochemissions-Coatings bisher nicht eindeutig nachgewiesen werden. Bei der zu erwartenden geringen prozentualen Leistungssteigerung oder Energieeinsparung ist dies vermutlich auch auf Meßunsicherheiten zurückzuführen.

In Wärmöfen wird rund 85 % der Nutzwärme durch Strahlung übertragen. Die Wärmeaustauschvorgänge werden dabei im wesentlichen durch die Emissionsgrade des Verbrennungsgases, des Nutzgutes und der Ofenwand bestimmt. Bei Öfen, die mit Deckenstrahlbrennern beheizt werden, ist außerdem der Emissionsgrad des Brennersteins von Bedeutung. Der Emissionsgrad gibt an, wie groß der von einem Strahler ausgesandte Wärmestrom im Verhältnis zum maximal möglichen Strahlungswärmestrom bei der gleichen Temperatur ist. Der maximal mögliche Strahlungswärmestrom wird von einem „schwarzen Strahler“ emittiert, dessen Emissionsgrad den Wert 1 hat. Im folgenden wird der Einfluß einer Erhöhung des Emissionsgrades der Ofeninnenwand durch Beschichtung mit einem Hochemissions-Coating auf die Wärmebilanz eines direkt brennstoffbeheizten Wärmofens erörtert. Solche Maßnahmen werden wegen einer angestrebten Leistungssteigerung oder einer Energieeinsparung in jüngster Zeit verstärkt vorgeschlagen.

Die zur Zeit intensive Diskussion zu diesem Thema wurde unter anderem durch Publikationen angeregt, in denen die Vorteile durch Coatings zum Teil sehr optimistisch dargestellt werden¹⁻⁶). Die hier angegebene Energieeinsparung liegt zwischen 3 und 45 %. Die Meinungen über die tatsächlichen Vorteile einer solchen Beschichtung, insbesondere bei direkt brennstoffbeheizten Wärmöfen, gehen jedoch weit auseinander. In anderen Arbeiten wird beispiels-

weise vermutet, daß der Emissionsgrad der Ofenwand keinen Einfluß auf den Energieverbrauch hat⁷), oder daß für bestimmte Anwendungsfälle sogar ein möglichst geringer Emissionsgrad günstig sei⁸). Zur Klärung dieser Unsicherheiten erforderliche verlässliche Betriebsergebnisse mit Hochemissions-Coatings in Produktionsöfen sind bisher noch nicht veröffentlicht.

Im Rahmen dieses Beitrages wird versucht, die aus dem Schrifttum bekannten Ergebnisse zu ordnen, zusammenfassend darzustellen und kritisch zu kommentieren. Darauf aufbauend werden die verschiedenen Einflüsse eines Hochemissions-Coatings auf die Wärmebilanz eines Ofens für unterschiedliche Anwendungsfälle aufgezeigt.

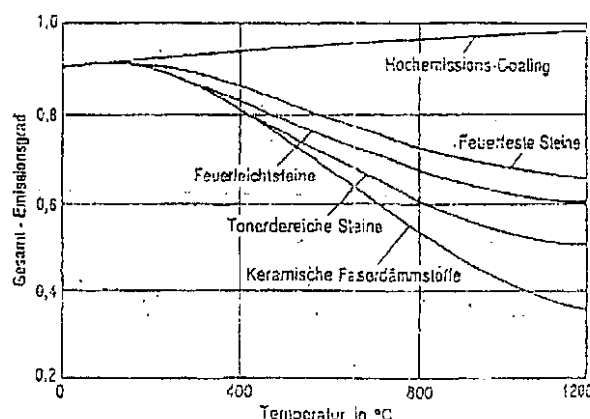


Bild 1. Gesamt-Emissionsgrad unterschiedlicher Feuerfestmaterialien und eines Hochemissions-Coatings abhängig von der Temperatur⁹)

Vorgetragen in der Sitzung des Unterausschusses für Ofenfragen im Ausschuß für Energiewirtschaft und Wärmetechnik/Walzwerksausschuß des VDEh am 22. 11. 1988 in Düsseldorf.

Dipl.-Ing. Meinhard Schulte, wissenschaftlicher Mitarbeiter; Dr.-Ing. Rolf-Dieter Klima, Abteilungsleiter; Prof. Dr.-Ing. Dietrich Sucker, Hauptabteilungsleiter; Hauptabteilung Energie- und Verfahrenstechnik des BFI, Düsseldorf.

8799

Bild 1 zeigt ausgewählte Meßergebnisse für den Gesamt-Emissionsgrad verschiedener Feuerfestmaterialien und eines Hochemissions-Coatings abhängig von der Temperatur⁴⁾. Bei den üblichen Feuerfestmaterialien fällt der Emissionsgrad deutlich mit steigender Temperatur. Beim Hochemissions-Coating dagegen steigt er von dem bereits hohen Wert mit zunehmender Temperatur weiter an. Daraus ergibt sich in dem für Wärmöfen interessanten Temperaturbereich ein deutlich höherer Emissionsgrad bei derart beschichteten Wänden. Hierzu muß angemerkt werden, daß die im Schrifttum angegebenen Werte für den Emissionsgrad mit hohen Unsicherheiten verbunden sind. Korngröße, chemische Zusammensetzung, Verunreinigungen und die Oberflächenrauigkeit haben einen großen Einfluß auf den Wert des Emissionsgrades. Der Emissionsgrad üblicher Feuerfestmaterialien schwankt daher in weiten Bereichen⁵⁾¹⁰⁾.

Wärmeübertragung durch Strahlung in direkt brennstoffbeheizten Wärmöfen

Zunächst wird der Einfluß des Emissionsgrades der Ofenwand auf die Wärmeaustauschvorgänge im Ofenraum qualitativ erläutert. Dabei wird deutlich zwischen zwei Anwendungsfällen für Hochemissions-Coatings unterschieden.

Fall 1: Beschichtung der Wärmequelle oder Wärmesenke. Die für die Beschichtung in Frage kommende Fläche ist selbst Wärmequelle oder Wärmesenke; Beispiele sind Elektroöfen²⁾⁶⁾, Strahlheizrohre²⁾⁶⁾ und Muffelöfen. Hier hat der Emissionsgrad direkten Einfluß auf den Strahlungswärmestrom, der mit der beschichteten Fläche ausgetauscht wird. Eine Erhöhung des Emissionsgrades führt in diesem Fall zu besserem Wärmetransport und damit zu entsprechenden Leistungssteigerungen oder Energieeinsparungen.

Fall 2: Beschichtung der Ofenwand. Die bei den Anwendungen im Fall 1 erzielten guten Ergebnisse haben auch zu einem positiven Blickwinkel auf den Einsatz von Hochemissions-Coating bei direkt brennstoffbeheizten Wärmöfen geführt. Die Wirkungsweise ist hier jedoch anders. In diesem zweiten Anwendungsfall kann weder das Verbrennungsgas als Wärmequelle noch das Nutzgut als Wärmesenke üblicherweise mit einem Coating beschichtet

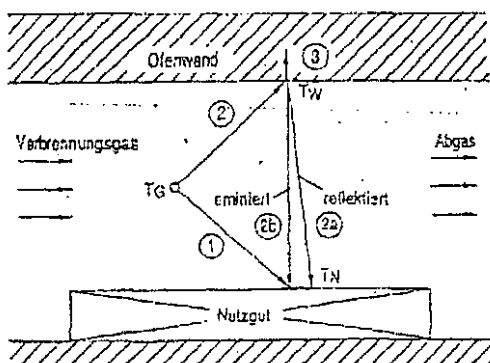


Bild 2. Schematische Darstellung der Strahlungswärmeströme in einem direkt brennstoffbeheizten Wärmofen

werden. Hierfür kommt nur die als „Hilfsheizfläche“ wirkende Ofenwand (einschließlich Decke) in Frage.

Bild 2 zeigt in einer vereinfachten Darstellung die Teilrichtungen der Wärmestrahlung vom heißen Verbrennungsgas zum Nutzgut in einem direkt brennstoffbeheizten Wärmofen: Im „Dreikörpersystem Gas-Gut-Wand“ gibt das Verbrennungsgas mit der Temperatur T_G auf direktem Wege einen Strahlungswärmestrom an das Nutzgut ① und an die Ofenwand ③ ab. Ein Teil des auf die Wand auftreffenden Wärmestroms ③ wird von dort in den Ofenraum reflektiert ② und gelangt so auch durch das Verbrennungsgas hindurch zum Nutzgut. Der übrige Teil des auf die Wand auftreffenden Wärmestroms wird dort absorbiert. Ein im allgemeinen relativ kleiner Teil dieses absorbierten Wärmestroms wird in der Wand gespeichert oder als Wanddurchgangswärmestrom durch die Wand weitergeleitet ④. Der andere Teil, nämlich ③ - ② - ④, wird von der Wand als „Eigenstrahlung“ wieder in den Ofenraum emittiert ②. Vernachlässigt man den in die Wand fließenden Wärmestrom ④, so gibt der Emissionsgrad der Ofenwand an, welcher Anteil des auf die Ofenwand auftreffenden Wärmestroms ③ von dort emittiert wird ②.

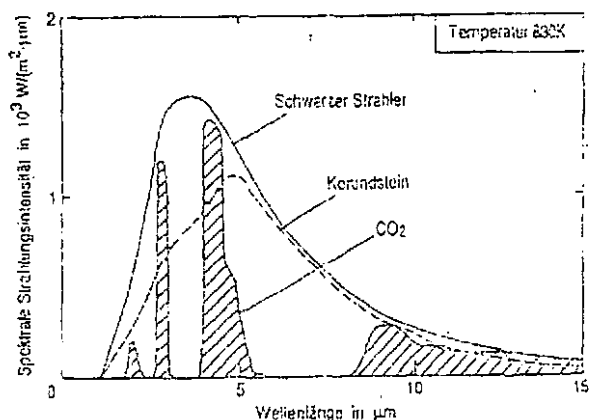


Bild 3. Abhängigkeit der Strahlungsintensität von der Wellenlänge für einen schwarzen Strahler, für einen Korundstein und für CO_2 ¹¹⁾

Strahlungseigenschaften des Verbrennungsgases. Um die Wärmeaustauschvorgänge durch Strahlung in einem Ofen berechnen zu können, müssen die Strahlungseigenschaften des Verbrennungsgases, der Ofenwand und des Nutzgutes bekannt sein. Bild 3 zeigt beispielhaft die Abhängigkeit der Strahlungsintensität von der Wellenlänge für einen schwarzen Strahler, für einen Korundstein und für CO_2 ¹¹⁾. Gasmoleküle können nur bestimmte Energiezustände annehmen. Gase emittieren und absorbieren Strahlung deshalb nur in bestimmten Wellenlängenbereichen, den sogenannten „Banden“. Die Banden sind in dem Bild schraffiert. Zwischen diesen Banden gibt es strahlungsinaktive Wellenlängenbereiche, die sog. „Fenster“. In diesen Fenstern findet nahezu keine Emission oder Absorption statt. Bei dem als Beispiel für einen Festkörper ausgewählten Korundstein liegen die möglichen Energiezustände so dicht nebeneinander, daß sich praktisch ein stetiger Verlauf der Strahlungsintensität über den gesamten Wellenlängenbereich ergibt.

88
100

Zur mathematischen Beschreibung der Strahlungseigenschaften werden der Emissionsgrad und der Absorptionsgrad benutzt. Damit wird angegeben, wie groß die Strahlungsintensität eines Strahlers im Verhältnis zur Strahlungsintensität eines schwarzen Strahlers ist. (Thermisches Gleichgewicht: Emissionsgrad = Absorptionsgrad).

Bei CO_2 beträgt dieser Wert in den „Fenstern“ 0. Innerhalb der Strahlungsbanden ist der Wert abhängig von der Wellenlänge. Auch bei dem Korundstein ändert sich der Emissionsgrad mit der Wellenlänge.

Die strahlungsaktiven Komponenten des Verbrennungsgases im Wärmofen sind CO_2 und H_2O . Experimentell ermittelte Werte für den Emissionsgrad von CO_2 und H_2O sowie deren Gemische wurden bereits vor vielen Jahren von den Amerikanern Hottel und Sarofim zusammenfassend dargestellt⁽¹²⁾. Die Werte basieren auf der über den gesamten Wellenlängenbereich gemessenen Gesamtstrahlung des Verbrennungsgases. Für das in Bild 3 dargestellte Beispiel CO_2 wird der Gesamtemissionsgrad als Quotient aus der schraffierten Fläche und der Fläche unter der Kurve für den schwarzen Strahler ermittelt. Dieser Mittelwert ist abhängig von der Temperatur, dem Druck und der Schichtdicke des Verbrennungsgases. Bei Verwendung dieses Gesamtemissionsgrades verhält sich das Gas wie ein sog. „grauer Strahler“. Dabei wird der Emissionsgrad als unabhängig von der Wellenlänge angesehen. Diese vereinfachende Betrachtung hat sich für viele Anwendungsfälle als ausreichend genau erwiesen und bewährt. Um den Einfluß des Emissionsgrades der Ofenwand auf die Wärmebilanz zu beschreiben, reicht dieses Verfahren jedoch nicht aus.

Im folgenden werden die Wärmeaustauschvorgänge im Ofenraum unter genauerer Berücksichtigung der spektralen Strahlungseigenschaften des Verbrennungsgases erläutert. Der vom Verbrennungsgas abgegebene Strahlungswärmestrom wird an der Ofenwand zum Teil reflektiert und zum anderen Teil absorbiert. Der reflektierte Teil erfährt an der Wand keine Veränderung. Die charakteristische Bandenstrahlung des Gases bleibt erhalten. Da der Absorptions- und Emissionsgrad näherungsweise die gleiche Wellenlängenabhängigkeit aufweisen, wird daher der von der Wand reflektierte Strahlungswärmestrom vom Verbrennungsgas besonders gut wieder absorbiert. Dieser Strahlungswärmestrom verbleibt zum Teil im Verbrennungsgas und gelangt nicht zum Nutzgut.

Der übrige Teil des auf die Wand auftreffenden Strahlungswärmestromes wird von der Wand absorbiert. Durch die Absorption gelangen die oberflächennahen Atome in einen höheren Energiezustand. Dieser höhere Energiezustand wird jedoch schnell wieder abgebaut. Ein Teil der dabei freiwerdenden Energie wird in die Wand weitergeleitet. Der größere Teil aber wird als Eigenstrahlung von der Wand in den Ofenraum emittiert. Diese Eigenstrahlung ist jetzt jedoch keine Bandenstrahlung mehr, sondern weist die stetige Wellenlängenabhängigkeit typischer Festkörperstrahlung auf. Deshalb kann die Eigenstrahlung im Bereich der „Fenster“ ungehindert durch das Verbrennungsgas hindurch zum Nutzgut gelangen. Hier wird der Effekt deutlich, den Hochemissions-Coatings bewirken sollen: Durch einen hohen Emissionsgrad der Ofenwand soll der Wärmestrom, der vom Verbrennungsgas an die Ofenwand und von dort durch die „Fenster“ an das Nutzgut übertragen wird, gesteigert werden.

Würde man das Gas als „grauen Strahler“ betrachten, so wäre der Wärmestrom an das Nutzgut unabhängig vom

Emissionsgrad der Ofenwand. Der von der Ofenwand emittierte Wärmestrom und der reflektierte Wärmestrom würden vom Verbrennungsgas gleichermaßen absorbiert.

Der Nutzwärmestrom ist abhängig von dem „effektiven Strahlungsaustauschkoeffizienten“ zwischen Verbrennungsgas und Nutzgut, der Verbrennungsgastemperatur und der Nutzguteoberflächentemperatur. Durch einen höheren Emissionsgrad der Ofenwand wird der effektive Strahlungsaustauschkoeffizient erhöht. Wird der gleiche Nutzwärmestrom angestrebt, kann dadurch die Verbrennungsgastemperatur abgesenkt werden. Die Verringerung der Verbrennungsgastemperatur führt zu einem höheren feuerungstechnischen Wirkungsgrad und damit zu einem geringeren Brenngasverbrauch. Wird in Zusammenhang mit der Erhöhung des Emissionsgrades die Verbrennungsgastemperatur in einem Walzwerkssofen nicht verringert, führt dies lediglich dazu, daß die Wärmeübertragung an das Nutzgut zur Eintragsseite hin verschoben wird.

Beurteilung der Thermoelement-Messung. Die Verbrennungsgastemperatur wird jedoch im Ofenbetrieb nicht gemessen. Gemessen und geregelt wird im allgemeinen die Ofenraumtemperatur. Die mit einem Thermoelement gemessene Ofenraumtemperatur ist je nach Einbauort unterschiedlich stark abhängig von der Nutzgut-, Verbrennungsgas- und Wandtemperatur. Steigt der Emissionsgrad der Wand, so nähert sich die Ofenraumtemperatur immer mehr der Wandtemperatur. Bei gleichem Nutzwärmestrom wird der Unterschied zwischen der Temperatur des Verbrennungsgases und der Ofenraumtemperatur dadurch größer. Dieser Effekt hat folgende Konsequenz: Kann bei gleichem Nutzwärmestrom, durch die Erhöhung des Emissionsgrades der Wand die Verbrennungsgastemperatur zur Erzielung einer Energieeinsparung um 20 K verringert werden, so wird dies durch eine Absenkung der Ofenraumtemperatur um einen etwas größeren Betrag, beispielsweise um 30 K, erreicht.

Erörterung der bekannten experimentellen und theoretisch-numerischen Ergebnisse

Die wohl umfangreichsten Berechnungen zum Einfluß des Emissionsgrades auf die Wärmebilanz sind von Ellison, Grey und Mitarbeitern an der Universität von Leeds durchgeführt worden⁽¹⁾. Ihren Berechnungen liegt eine vereinfachte Darstellung für den Verlauf der Strahlungsintensität des Verbrennungsgases über der Wellenlänge zugrunde.

Bild 4 zeigt die Strahlungsintensität von CO_2 und H_2O abhängig von der Wellenlänge. Innerhalb bestimmter Wellenlängenbereiche wird der Emissionsgrad dabei als konstant angenommen. In den dazwischen liegenden Bereichen findet keine Emission oder Absorption statt. Zusätzlich ist die Strahlungsintensität des schwarzen Strahlers dargestellt. Die Berechnung der Strahlungswärmeströme im Ofenraum wurde für alle dargestellten Wellenlängenbereiche einzeln durchgeführt. Die für die einzelnen Banden verwendeten Emissionsgrad-Werte wurden in den 60er Jahren von dem Amerikaner Edwards und Mitarbeitern ermittelt⁽¹⁴⁾⁻⁽¹⁶⁾.

Untersuchungsergebnisse für stationären Ofenbetrieb. In den komplexen Simulationsrechnungen wurden bis zu 22 verschiedene Wellenlängenbereiche berücksich-

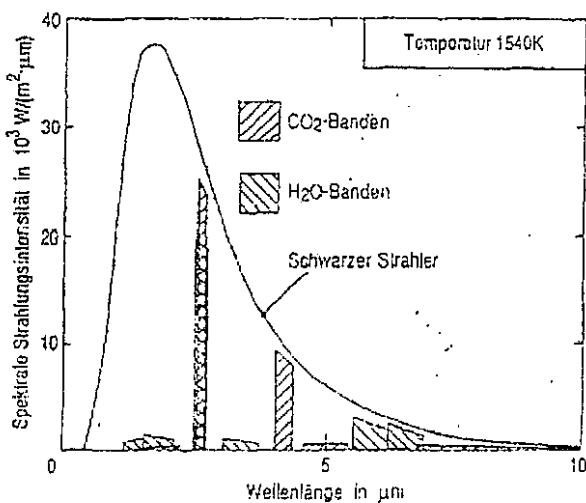


Bild 4. Abhängigkeit der Strahlungsintensität von der Wellenlänge für CO_2 , H_2O und einen schwarzen Strahler¹³⁾

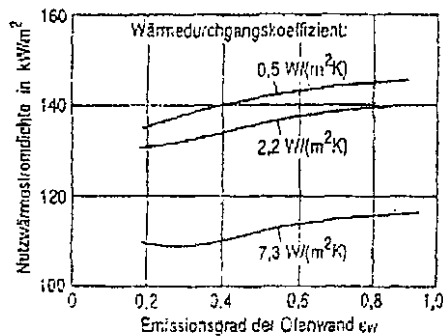


Bild 5. Berechnete Nutzwärmestromdichte abhängig vom Emissionsgrad der Ofenwand für unterschiedliche Wärmedurchgangskoeffizienten¹³⁾

tigt. Zur Ermittlung des Einflusses des Emissionsgrades wurde zunächst ein sehr einfaches Ofenmodell benutzt. Die Ofenwände und das Verbrennungsgas wurden dabei als isotherm angenommen. Bei gleicher Guttemperatur und konstantem Brenngasvolumenstrom wurde im stationären Zustand der Nutzwärmestrom abhängig vom Emissionsgrad der Wand berechnet. Bild 5 zeigt die dafür berechnete Nutzwärmestromdichte in Abhängigkeit vom Emissionsgrad der Ofenwand mit dem Wärmedurchgangskoeffizienten als Parameter. Üblicherweise beträgt der Wärmedurchgangskoeffizient einer Warmofenzustellung rund $2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Bei einer deutlichen Erhöhung des Emissionsgrades von 0,3 auf 0,9 verbessert sich die Nutzwärmestromdichte hier um etwa 5 %. Strebt man dagegen die gleiche Nutzwärmestromdichte an, kann der Brenngasvolumenstrom entsprechend verringert und damit eine Energieeinsparung erreicht werden.

In weiteren betriebsnäheren Rechnungen wurde ein Ofen modelliert, der in etwa einem Tiefofen entspricht. Dabei wurden das Verbrennungsgas und die Ofenwand nicht mehr als isotherm angesehen. Hier wurde für eine Erhöhung des Emissionsgrades von 0,3 auf 0,9 eine Verbesserung der Nutzwärmestromdichte um 4 % berechnet.

Von der gleichen Forschergruppe wurden auch experimentelle Untersuchungen an einem Laborofen durchge-

führt. Die Randbedingungen entsprachen dabei den theoretischen Berechnungen, so daß ein direkter Vergleich möglich war. Dabei wurde das Nutzgut im stationären Zustand durch eine Wasserkühlung im Boden des Ofens simuliert. Es wurden drei Versuche durchgeführt. Für den ersten Versuch wurde der Ofen mit keramischem Faserdämmstoff zugestellt, der einen niedrigen Emissionsgrad aufweist. Für den zweiten Versuch wurde diese Zustellung mit einem Coating beschichtet, das lediglich zum Versiegeln der Oberfläche diente und keine besonderen Emissionseigenschaften haben sollte. Für den dritten Versuch wurde die Zustellung mit einem Hochemissions-Coating beschichtet.

Bild 6 zeigt die Ausgleichskurven für den bei diesen Versuchen gemessenen Nutzwärmestrom abhängig vom Brenngaswärmestrom. Der gemessene Nutzwärmestrom unterscheidet sich bei den drei verschiedenen Versuchen unter sonst gleichen Bedingungen lediglich um maximal 2 %. Entgegen den Erwartungen wurde hier bei der reinen Zustellung mit keramischem Faserdämmstoff der größte Nutzwärmestrom gemessen. Die Meßergebnisse liegen so eng beieinander, daß bei Berücksichtigung der unvermeidlichen Meßunsicherheiten noch keine eindeutigen Rückschlüsse gezogen werden können, ob eine der drei Zustellungen Vorteile hinsichtlich des Wärmeaustausches zwischen Verbrennungsgas und Nutzgut aufweist. Dies sind die einzigen zu diesem Thema bekannten Ergebnisse von Laboruntersuchungen.

In einer neueren Arbeit¹⁷⁾ wurde der Einfluß des Emissionsgrades der Ofenwand auf den Nutzwärmestrom für

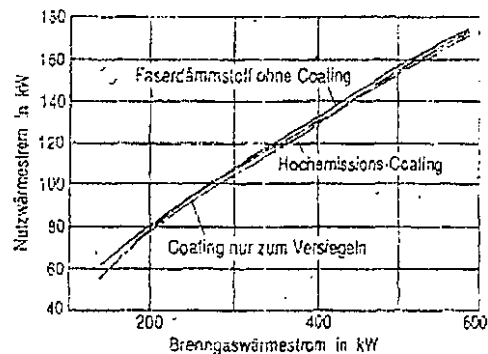


Bild 6. Gemessener Nutzwärmestrom aufgetragen über dem in den Ofen eingebrachten Brenngaswärmestrom¹⁴⁾

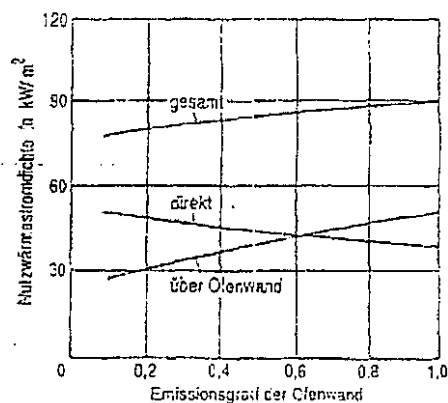


Bild 7. Berechnete Nutzwärmestromdichte abhängig vom Emissionsgrad der Ofenwand¹⁷⁾

einen Glasschmelzofen berechnet. Die spektralen Strahlungseigenschaften des Verbrennungsgases wurden durch ein ähnliches physikalisches Modell wie bei Elliston, Grey und Mitarbeitern berücksichtigt.

In Bild 7 ist die *berechnete Nutzwärmestromdichte* über dem Emissionsgrad der Ofenwand aufgetragen, und zwar: direkt vom Verbrennungsgas an das Nutzgut, indirekt über die Ofenwand und gesamt als Summe. Der über die Ofenwand übertragene Anteil steigt mit zunehmendem Emissionsgrad stark an. Der direkt vom Verbrennungsgas übertragene Anteil nimmt dagegen ab, jedoch schwächer, so daß die Nutzwärmestromdichte insgesamt steigt. Für eine Erhöhung des Emissionsgrades von 0,4 auf 0,95 wurde bei unterschiedlichen Betriebsparametern in diesem Fall eine Verbesserung der Gesamt-Nutzwärmestromdichte zwischen 4 und 8 % berechnet.

Es gibt noch eine Reihe weiterer Publikationen, in denen über erheblich größere Energieeinsparungen berichtet wird¹¹⁾¹²⁾. Bei den theoretisch-numerischen Arbeiten¹¹⁾¹²⁾ wurden jedoch erheblich einfachere physikalische Modelle benutzt. Auch die an Betriebsanlagen ermittelten Ergebnisse²⁾⁴⁾ sind wegen teilweise fehlender Zusatzinformationen und offener Fragen nicht ohne weiteres nachvollziehbar. Es sei hier lediglich noch auf eine an der Universität von Cambridge durchgeführte Arbeit⁸⁾ verwiesen, in der unter anderem der Einfluß eines Hochemissions-Coatings auf die Wärmebilanz eines direkt brennstoffbeheizten Durchlaufglühofens durch betriebliche Messungen untersucht wurde. Auch hier ist der gemessene Einfluß so gering, daß aus den Ergebnissen noch keine eindeutigen Schlüsse gezogen werden können.

Die zuvor beschriebenen Ergebnisse beziehen sich auf stationäre Betriebsweisen. Hierbei hat der Wandwärmestrom keinen großen Einfluß auf die Energiebilanz.

Untersuchungsergebnisse für instationären Ofenbetrieb. Bei instationärer Betriebsweise kommt dem Wandwärmestrom bekanntlich eine größere Bedeutung zu. Hier kann eine Erhöhung des Emissionsgrades der Ofenwand zu einem höheren Verlustwärmestrom an der Ofenwand führen. Dadurch vermindert sich das Energieeinsparpotential durch einen höheren Emissionsgrad. Hierzu wurden Berechnungen bei der British Gas Corporation durchgeführt¹⁾. Berechnet wurde der zum Erreichen einer vorgegebenen Nutzguttemperatur erforderliche Brenngaswärmestrom.

Bild 8 zeigt den *berechneten bezogenen Brenngas-Wärmestrom* abhängig vom Emissionsgrad der Ofenwand. Als Bezugsgröße dient der Brenngas-Wärmestrom, der erforderlich ist, wenn der Emissionsgrad der Ofenwand den Wert 0,5 annimmt. Es sind die Ergebnisse zweier Sonderfälle dargestellt. Bei stationärer Betriebsweise wurde die Wand als adiabat betrachtet. Das bedeutet, daß in der Wand keine Wärme weitergeleitet wird. Die Ergebnisse für instationäre Betriebsweise gelten für einen Aufheizvorgang mit völlig kalten Wänden. Der Wandwärmestrom hat hier großen Einfluß auf die Wärmebilanz. Als Vergleichsbasis ist die 100%-Linie für den Brenngas-Wärmestrom eingezeichnet. Der Abstand zu dieser Linie ist ein Maß für die Energieeinsparung. Technisch relevant ist nur der Bereich mit einem Emissionsgrad größer 0,3. Es zeigt sich, daß die Energieeinsparung bei instationärer Betriebsweise erheblich kleiner ist als bei stationärer Betriebsweise. Es muß angemerkt werden, daß für diese Berechnungen der British

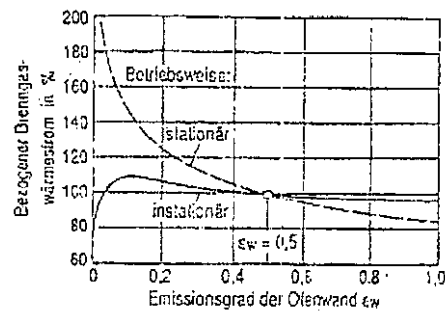


Bild 8. Bezogener Brenngaswärmestrom abhängig vom Emissionsgrad der Ofenwand¹⁾

Gas Corporation ein sehr stark vereinfachendes Modell benutzt wurde, so daß den Ergebnissen eine allein qualitative Bedeutung zukommt. Ist der Wandwärmestrom in gleicher Größenordnung oder größer als der Nutzwärmestrom, dann kann eine Erhöhung des Emissionsgrades, bei gleichem Nutzwärmestrom, möglicherweise sogar zu einer Erhöhung des erforderlichen Brenngas-Wärmestromes führen. Für solche Anwendungsfälle wird ein möglichst geringer Emissionsgrad der Ofenwand gefordert⁸⁾.

Schlußfolgerungen

Die im Schrifttum veröffentlichten Ergebnisse können folgendermaßen beurteilt werden: In einer Reihe von Anwendungsfällen führt der Einsatz von Hochemissions-Coating unbestritten zu erheblichen Leistungssteigerungen oder Energieeinsparungen. Hierzu zählen alle Anwendungsfälle, bei denen die Oberfläche, deren Emissionsgrad erhöht werden soll, selbst Wärmequelle oder Wärmesenke ist.

Die Aussagen zur Wirkung von Hochemissions-Coatings auf die Wärmebilanz von direkt brennstoffbeheizten Wärmöfen sind dagegen widersprüchlich und noch mit großen Unsicherheiten verbunden. Die veröffentlichten Ergebnisse von Modellrechnungen zeigen jedoch, daß durch einen höheren Emissionsgrad der Ofenwand auch hier eine Leistungssteigerung oder eine Energieeinsparung möglich ist. Die Höhe der möglichen Leistungssteigerung oder Energieeinsparung wird allerdings vermutlich vielfach überschätzt. Dies liegt auch daran, daß die Ergebnisse aus den oben genannten Anwendungsfällen zum Teil unzulässig auf direkt brennstoffbeheizte Öfen übertragen wurden. In den zugänglichen Unterlagen über Labor- oder Betriebsversuche konnte die Wirkung der Hochemissions-Coatings für diese Ofenart bisher nicht eindeutig nachgewiesen und quantitativ bestimmt werden. In diesem Zusammenhang muß auch die überproportionale Abnahme der möglichen Energieeinsparung mit zunehmendem ursprünglichen Emissionsgrad berücksichtigt werden.

In den genannten ausführlichen Berechnungen wurde für eine Erhöhung des Emissionsgrades von 0,3 auf 0,9 eine Erhöhung des Nutzwärmestroms um 4 % berechnet. Da nur sehr wenige Feuerfestmaterialien einen so niedrigen Emissionsgrad aufweisen, kann dieser Wert als größtmögliche Erhöhung des Nutzwärmestroms für diesen Anwendungsfall betrachtet werden. Der Emissionsgrad üblicher Feuerfestmaterialien kann jedoch, insbesondere nach längerem Betriebsinsatz, erheblich größer sein. Für eine

durchaus noch im technisch relevanten Bereich liegende Erhöhung des Emissionsgrades von 0,7 auf 0,9 beträgt die Verbesserung des Nutzwärmestroms rund 1 %. Aufgrund von Meßungenauigkeiten und allgemeinen betrieblichen Schwankungen ist eine solch geringe prozentuale Energieeinsparung nur schwer verlässlich und meßtechnisch reproduzierbar nachzuweisen.

Wegen der mit dem Einsatz von Hochemissions-Coatings verbundenen Unsicherheiten muß diesem Thema weiter nachgegangen werden. Es muß auch beachtet werden, daß insbesondere bei Walzwerksöfen aufgrund des hohen Durchsatzes auch eine nur geringe prozentuale Energieeinsparung sehr wirtschaftlich sein kann. Für einen Walzwerksöfen mit einem Durchsatz von 250 t/h ergibt sich beispielsweise bei einer Energieeinsparung von nur etwa 1 % eine Kapitalrücklaufzeit für eine Beschichtung mit einem Hochemissions-Coating von weniger als einem Jahr. Zur Klärung der offenen Fragestellungen fehlen Meßergebnisse, die an betrieblichen Anlagen eindeutig die Vorteile einer Beschichtung mit Hochemissions-Coatings aufzeigen und auch klare Hinweise auf Haltbarkeitsfragen und die Langzeitwirkung ermöglichen. (S 27972)

Schrifttum

¹⁾ Docherty, P.; Tucker, R. J.: J. of the Inst. of Energy 59 (1986) Nr. 3, S. 35-57.

- ²⁾ Hellander, J.: Iron and Steel Engineer 64 (1937) Nr. 6, S. 49/45.
- ³⁾ Clements, J. G.: Heat Treatment of Metals (1966) Nr. 3, S. 76/79.
- ⁴⁾ Clements, J. G.: Guss Wärme intern. 36 (1987) Nr. 8, S. 461/61.
- ⁵⁾ Hellander, J.: Industrial Heating 53 (1986) Nr. 9, S. 39/39.
- ⁶⁾ Creal, R.: Heat treating 18 (1986) Nr. 2, S. 23/25.
- ⁷⁾ Woelk, G.: Untersuchung über die Auswirkung einer Emissionsgradveränderung der feuerfesten Auskleidung auf die Wärmebilanz von Industrieöfen. Unveröffentl. Vortrag beim 28. Internationalen Erfahrungsaustausch „Feuerfest“ der Plübrich Company, Düsseldorf 1988.
- ⁸⁾ Nagel, C. J.: A comparison of high emissivity coatings and Photon dispersive coatings on furnace operation. 46. Ironmaking conference proceedings, Pittsburgh 1987.
- ⁹⁾ Borrmann, F.; Schulte, W.: Silikattechnik 33 (1982) Nr. 11, S. 331/35.
- ¹⁰⁾ Borrmann, F.; Scheidling, M.: Bestimmung von Strahlungseigenschaften ausgewählter Feuerbetonqualitäten. Vortrag zum IV. Symposium „Feuerbetone“, Dresden 1982.
- ¹¹⁾ Siegel, R.; Howell, J. R.: Thermal Radiation Heat Transfer. McGraw-Hill Book Company, New York 1972.
- ¹²⁾ Howell, H. C.; Sarofim, A. F.: Radiative Transfer. McGraw-Hill Book Company, New York 1967.
- ¹³⁾ Ellison, D. G.; Gray, W. A.; Hibberd, D. F.; Williams, A. I.: of the Inst. of Energy 60 (1987) Nr. 12, S. 155/67.
- ¹⁴⁾ Edwards, D. K.: J. Opt. Soc. of Am. 58 (1960) Nr. 6, S. 617/25.
- ¹⁵⁾ Bevers, J. T.; Duake, R. V.; Edwards, D. K.; Gier, J. T.; Levenson, L. L.; Oppenheim, H. K.: J. Opt. Soc. Am. 50 (1960) Nr. 2, S. 130/36.
- ¹⁶⁾ Edwards, D. K.; Fornes, B. J.; Glisson, L. K.; Sun, W.: Applied Optics 4 (1965) Nr. 6, S. 715/21.
- ¹⁷⁾ Hoogendoorn, C. J.; Wieringa, J. A.: VDI-Berichte Nr. 765 (1989), S. 123/41.

Neue Asbest-Ersatzstoffe

Als Ersatz für die früher üblichen Asbestplatten bietet die Firma Risius GmbH, Köln, ihre asbestfreien Nefalit-Platten an: Nefalit 7 ist bis 850 °C, Nefalit 11 bis 1100 °C und Nefalit 16 bis 1200 °C einsetzbar.

Um Probleme im Bereich der Transportwalzen in der Stahl- und Glasproduktion zu lösen, wurde die Qualität Nefalit 16 NCC entwickelt. Die Standzeiten von asbestfreien Walzen aus Nefalit 16 NCC sind zufriedenstellend; sie werden vor allem in Warmbandglühläufen von Edelfahlwalzwerken eingesetzt. Delceram-Keramiktexitilien in Form von Garnen, gedrehten Schnüren,

geflochtenen Packungen, Geweben und Gewebebändern sind einsetzbar bis max. 1260 °C. Beim Verarbeiten von Keramiktexitilien kann es jedoch zu Reizungen der Haut und der Atemwege kommen. Das gilt auch für die meisten herkömmlichen Glastexitilien. Als Alternative wurde Delvotherrn 750 entwickelt. Delvotherrn 750 ist dauertemperaturbeständig bis 750 °C und zeichnet sich durch hohe Rückfederungskraft aus. Das Material ist anorganisch, der Glühverlust beträgt lediglich 0,6 % (bei Asbesttexitilien Qualität „handelsrein“ waren es immerhin 15 % Glühverlust und mehr).

Die Fasern von Delvotherrn 750 sind nicht lungengängig, es kommt nicht zu Hautreizungen. Das Material ist toxikologisch unbedenklich. Es ist nach Klasse A 1 nicht brennbar. Mit Texitilien aus diesem Gewebe können die meisten Anwendungsprobleme asbestfrei gelöst werden. Die Lieferformen sind: Gedrehte Schnüre, geflochtene Packungen, rund, quadrausch und rechteckig bis max. 120 mm. Hitzeschutzschläuche, gewebte Bänder und Gewebe. (SK 0219)

Weitere Informationen:

Risius GmbH
Pohlhofstr. 3, 5000 Köln 71
☎ (02 21) 5 90 18 11, ☎ 8 885 324

DIN-Taschenbuch „Wärmebehandlung“

DIN-Taschenbuch 218, Wärmebehandlung metallischer Werkstoffe, 2. Aufl. 1989, 584 S. DIN A5. Brosch. 112,- DM.

Das DIN-Taschenbuch 218 mit den wichtigsten und gebräuchlichsten Normen zur „Wärmebehandlung metallischer Werkstoffe“ ist neu erschienen. Die Erstauflage vom September '86 war schon bald vergriffen und ist heute in wesentlichen Teilen bereits veraltet. Fünf Normen, die in der Zwischenzeit überarbeitet wurden, werden in ihrer aktuellen Fassung präsentiert. Insgesamt

enthält das Buch 36 Normen, einen Norm-Entwurf sowie ein Beiblatt. Enthalten sind die technischen Regeln über ferritische Werkstoffe und deren Prüfung, Normen über Wärmebehandlungsofen und den notwendigen Fachwortschatz. Angemessene Bedeutung wird den Angaben über die Darstellung in Zeichnungen zugemessen, den unterschiedlichen Härteprüfungen, der Ermittlung der Einsatzhärtungstiefe und Nitrierhärte bzw. Entkohlungstiefe, dem Stirnabschreckversuch, der mikroskopischen Messung sowie der gegig-

neten Werkstoffauswahl. Neben den im Volltext abgedruckten Normen sind 160 weitere technische Unterlagen (Merkmale, Betriebsblätter, Werkstoffblätter, Einheitsblätter, Prüfblätter, Vorschriften, Richtlinien etc.), die für die Wärmebehandlung metallischer Werkstoffe relevant sind, zur weiteren Information aufgelistet worden. Ein alphabetisches Stichwortverzeichnis vermittelt einen Überblick über das Fachgebiet und erleichtert die Suche nach der von Fall zu Fall gewünschten oder benötigten Norm. (SL 0061)