

Ing. Herbert Grünbichler, MSc

High-Temperature Coatings offer energy savings

Hochtemperatur-Beschichtungen bieten Energieeinsparungen

Operators of all kind of kilns and furnaces are facing significant challenges due to constantly increasing fuel costs and by government pressure to reduce greenhouse gas emissions. This is particularly true in the brick and ceramics industries where fuel is one of the largest cost components of operations. High temperature processing efficiencies can be gained by employing the latest burner or controller technologies or by using insulation to its fullest advantage. Emisshield high emissivity coatings present an opportunity to gain additional savings.

Aufgrund zunehmender Betriebskosten durch ständig steigende Brennstoffpreise sowie Druck seitens der Regierungen zur Verminderung von Treibhausgasemissionen stehen Betreiber von Brennöfen und Feuerungsanlagen aller Art vor großen Herausforderungen. Dies gilt insbesondere für die Ziegel- und Keramikindustrie, in der Brennstoffe eine der größten Kostenkomponenten im Betriebsprozess darstellen. Ein effizienter Hochtemperaturprozess kann durch den Einsatz neuester Brenner- oder Steuerungstechnik erzielt werden sowie durch optimale Ausgestaltung der Isolierung. Die Emisshield-Beschichtungen mit hohem Emissionsvermögen bieten eine Möglichkeit für zusätzliche Einsparungen.

What is Emisshield?

Emisshield is a family of high emissivity ceramic coatings manufactured by Emisshield, Inc. based on patented technology licensed from NASA. This latest NASA emissivity technology was developed for the next generation of space vehicles intended to replace the existing shuttle fleet when it was retired in 2010.

Emisshield Inc. combined their own patented binder systems with the NASA technology to produce high emissivity coatings that will strongly adhere to dense refractories, insulating fire brick, refractory ceramic fiber and most metals. Coating refractories and ceramic fiber in tunnel kilns, batch kilns, roller kilns etc. with Emisshield will provide more even heating, increased productivity, longer refractory life and fuel savings.

How does Emisshield work?

When Emisshield is used, it is applied to the hot face of the kiln. Radiant and convective energy from the burners and hot kiln gases are absorbed at the surface of the coating and re-radiated to the cooler kiln load. A key factor of this ability is the emissivity of the wall surface of the kiln or furnace.

Emissivity specifies how well a body absorbs and re-radiates energy when compared with a blackbody at a given temperature and wavelength. The Emissive Power (W/m^2) of a body depends on the physical property of the body or its Emissivity. Emissivity is a two-step process in simplest terms involving the absorption and re-radiation of energy at longer wavelengths in the near Infrared wavelength bandwidth. It is totally incorrect to assume a refractory / ceramic wall is a grey body and that it is absorption and re-radiation is a constant percentage of a blackbody at all temperatures and wavelengths. For example, an alumina-silicate refractory utilized in a kiln may have a total Emissivity of 0.8 at 500 °F (260 °C) but at 2000 °F (1090 °C) its Emissivity is only 0.4.

»1 indicates Emissivity (Spectral Emittance measurements) as prepared for Insulating Firebrick by WBU (Western Bohemia University) at different temperatures versus Infrared wavelengths in microns. The key peak infrared wavelengths for emission of ra-

Was ist Emisshield?

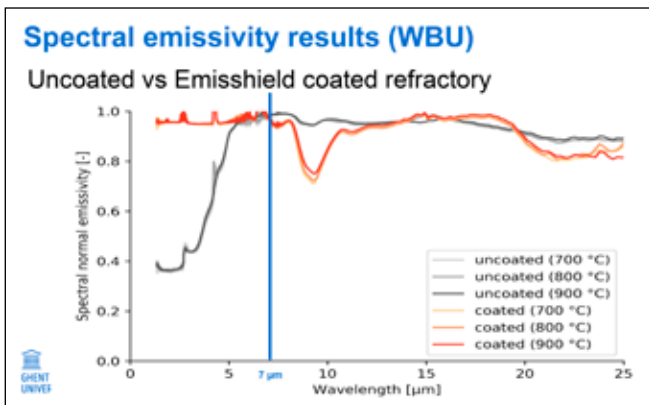
Bei Emisshield handelt es sich um eine Produktreihe keramischer Beschichtungen mit hohem Emissionsvermögen, die von der Firma Emisshield, Inc. auf der Grundlage einer von der NASA lizenzierten und patentierten Technologie hergestellt wird. Diese neueste Emissivitätstechnologie der NASA wurde für die nächste Raumfährgeneration entwickelt, die die bestehende Shuttle-Flotte ersetzen sollte, als diese im Jahr 2010 Außerbetrieb genommen wurde.

Zur Herstellung von Beschichtungen mit hohem Emissionsvermögen, die stark an Feuerfestmaterialien mit hoher Dichte, isolierendem Schamottestein, feuerfester Keramikfaser sowie den meisten Metallen anhaften, hat Emisshield, Inc. eigene patentierte Bindemittelsysteme mit der NASA-Technologie kombiniert. Die Beschichtung von feuerfesten Materialien und Keramikfasern in Tunnelöfen, Kammeröfen, Rollenöfen etc. mit Emisshield sorgt für gleichmäßigere Beheizung, höhere Produktivität, längere Lebensdauer im Feuerfestbereich sowie Brennstoffeinsparungen.

Wie funktioniert Emisshield?

Die Aufbringung von Emisshield erfolgt auf der „heißen Seite“ des Brennofens. Strahlungs- und Konvektionsenergie aus dem Brenner sowie heiße Ofengase werden an der Oberfläche der Beschichtung absorbiert und an den kälteren Ofenbesatz wieder abgestrahlt. Ein entscheidender Faktor für diese Eigenschaft ist das Emissionsvermögen der Wandoberfläche von Brennöfen oder Feuerungsanlagen.

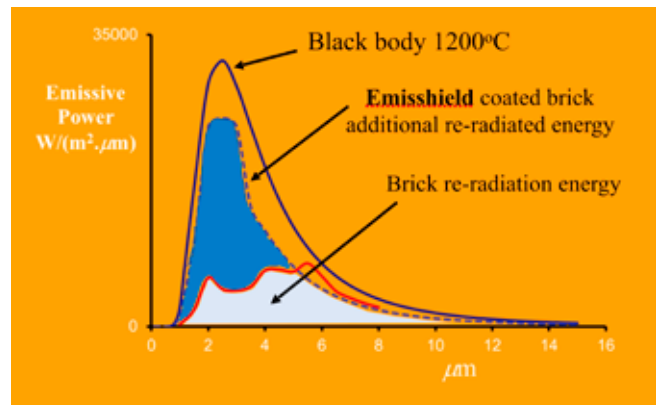
Das Emissionsvermögen beschreibt wie gut ein Körper Energie im Vergleich zu einem schwarzen Körper bei einer gegebenen Temperatur und Wellenlänge absorbiert und wieder emittiert. Das Emissionsvermögen (W/m^2) eines Körpers hängt von der physikalischen Eigenschaft des Körpers bzw. seiner Emissivität ab. Das Emissionsvermögen ist ein zweistufiger Prozess, der, vereinfacht ausgedrückt, die Absorption und Wiederabstrahlung von Energie bei längeren Wellenlängen im nahen Infrarot-Wellenlängenbereich beinhaltet. Die Annahme, dass es sich bei einer feuerfesten / keramischen Wand um einen grauen Körper



Photos/Fotos: Emisshield / Bellenberg

»1 Emissivity as prepared for Insulating Firebrick at different temperatures versus Infrared wavelengths in microns

»1 Emissionsvermögen für Feuerleichtstein bei unterschiedlichen Temperaturen gegenüber Infrarot-Wellenlängen in Mikrometer



»2 The blackbody, Emisshield and non-coated refractory curves versus wavelength

»2 Kurven für den schwarzen Körper, Emisshield und unbeschichtetes Feuerfestmaterial zur Wellenlänge

diant energy in a kiln are in the 2-7 micron range, where about 90 % of radiant energy is generated below 6.4 micron in the near Infrared. These are the important wavelength bandwidths and also happen to be the worst Emissivity wavelengths for refractory!

»2 indicates the blackbody, Emisshield and non-coated refractory curves versus wavelength. Several points are in order:

- » The area under each curve is the amount of energy or Emissive Power (W/m^2) re-radiated from the body's surface (brick, Emisshield or blackbody) to a kiln load (kiln car).
- » Emisshield is a grey body as evidenced by its curve. Refractory is a non-grey body.

»3 shows a cross-section of a tunnel kiln with Emisshield high emissivity coating applied to the refractory hot face. The thermal energy absorbed by the coating, T_c , is re-radiated and absorbed by the colder load, T_L . The refractory lining is subsequently cooler and retains less heat energy.

It is important to remember that for Emisshield to be effective, the temperature of the coating surface must be greater than the temperature of the kiln load. The amount of heat re-radiated from Emisshield is predicted by the following equation:

$$Q = Ew \cdot \sigma \cdot (T_c^4 - T_L^4)$$

Where: Q = re-radiated energy absorbed by the kiln load

Ew = emissivity of the coating

σ = Stefan-Boltzmann constant

T_c = wall temperature

T_L = load temperature

Since the temperature of the coating and the temperature of the kiln load are raised to the fourth power, it is apparent that Emisshield absorbs and re-radiates the most energy when the temperature difference between the coating and the load is the greatest. In addition uncoated refractories have emissivities, Ew , in the range of 0.3-0.5 at tunnel kiln operating temperatures. The application of Emisshield to the refractory increases the emissivity of the refractory to about 0.9. This means that 90% of the energy absorbed by the coating is re-radiated to the cooler kiln load.

handelt und dass es sich bei dessen Absorption und Abstrahlung bei jeder Temperatur und Wellenlänge um den konstanten prozentualen Anteil eines schwarzen Körpers handelt ist jedoch völlig unzutreffend. So kann beispielsweise ein in einem Brennofen verwendetes Feuerfestmaterial auf Aluminiumsilikatbasis bei 500 °F (260 °C) einen Gesamtemissionsgrad von 0,8 aufweisen, aber lediglich von 0,4 bei 2000 °F (1090 °C).

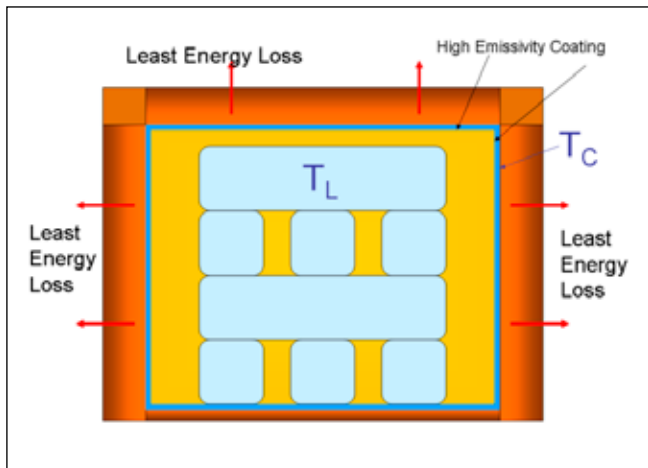
»1 illustriert das Emissionsvermögen, das von der Western Bohemia University (WBU) für Feuerleichtstein (Messungen des spektralen Emissionsgrads) bei unterschiedlichen Temperaturen gegenüber Infrarot-Wellenlängen in Mikrometer ermittelt wurde. Der Spitzenwert der Infrarot-Wellenlängen für die Emission von Strahlungsenergie in einem Brennofen liegt im 2 - 7 Mikrometerbereich, wobei rund 90 % der Strahlungsenergie unter 6,4 Mikrometer im nahen Infrarot erzeugt wird. Dies sind die wichtigsten Wellenlängenbereiche und gleichzeitig die Wellenlängen mit dem schlechtesten Emissionsvermögen bei Feuerfestmaterial!

»2 zeigt die Kurven für den schwarzen Körper, Emisshield und unbeschichtetes Feuerfestmaterial zur Wellenlänge. Hierbei ist zu beachten:

- » Der Bereich unter jeder Kurve stellt die von der Oberfläche des Körpers (Ziegel, Emisshield oder schwarzer Körper) an einen Ofenbesatz (Ofenwagen) abgestrahlte Energiemenge bzw. Emissionsleistung (W/m^2) dar.
- » Wie aus der Kurve hervorgeht ist Emisshield ein grauer Körper. Feuerfestmaterial ist jedoch kein grauer Körper.

In »3 wird der Querschnitt eines Tunnelofens dargestellt, bei dem eine Emisshield-Beschichtung auf dem Feuerfestmaterial im Ofeninneren aufgebracht ist. Die von der Beschichtung, T_c , absorbierte Wärmeenergie wird abgestrahlt und vom kälteren Besatz, T_L , absorbiert. Die feuerfeste Auskleidung ist anschließend kühler und speichert weniger Wärmeenergie.

Zu beachten ist, dass die Temperatur der Beschichtungsfläche höher sein muss als die Temperatur des Ofenbesatzes damit Emisshield wirksam wird. Die von Emisshield abgestrahlte Wärmemenge lässt sich anhand der nachfolgenden Gleichung vorausberechnen:

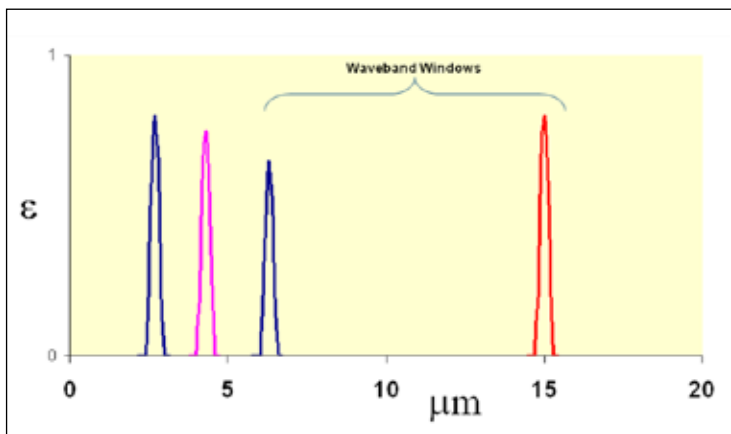


»3 Cross-section of a tunnel kiln with Emisshield

»3 Querschnitt eines Tunnelofens mit Emisshield-Beschichtung

When T_C approaches T_L the transfer of heat diminishes significantly thus, it follows that in a continuous kiln one would apply Emisshield only to the preheat zone above 1100°F (600°C) and in the soak zone. In a batch kiln one would coat the entire kiln walls since Emisshield would increase the rate of heat up and cool down in this kiln type thus, resulting production increases with energy savings. Note, in a continuous kiln heat up time will decrease and cool down time will also decrease as in a batch kiln.

It is also important to understand that the fuel and firing medium respond differently to Emisshield application. Emisshield cannot tell the difference between the two, but the thermodynamic and performance results are different with each fuel source. In a gas fired kiln the increase in radiation from the refractory is not only felt by the load (kiln car) but it also has great influence on and with the hot combustion gases within the kiln. These hot combustion gases have a very low total emissivity of approximately of 0.2 and are non "grey". Research work accomplished at British Gas and several European universities found that natural gas actually radiates in very narrow near Infrared bandwidths as identified in Figure 4 (2.7, 4.3, 6.3 and 15 microns). Since Emissivity is a two-steps process of absorbing and re-radiation, the hot combustion gas has the same affinity to absorb and re-radiate at exactly the same bandwidths. Hence, "waveband windows" exist where combustion gas neither absorbs nor reradiates energy and the wavelengths of energy freely pass.



»4 Conceptually "waveband windows" and the smoothing grey body curve produced over a broader wavelength bandwidth by Emisshield systems in a kiln.

»4 Konzeptionelle „Wellenlängen-Fenster“ und die Glättung der „grauer Körper“ Kurve, die über einen größeren Wellenlängenbereich durch das Emisshield-System im Brennofen erzeugt wird.

$$Q = Ew \cdot \sigma \cdot (T_C^4 - T_L^4)$$

Dabei ist: Q = abgestrahlte Energie, die vom Ofenbesatz absorbiert wird

Ew = Emissionsgrad der Beschichtung

σ = Stefan-Boltzmann-Konstante

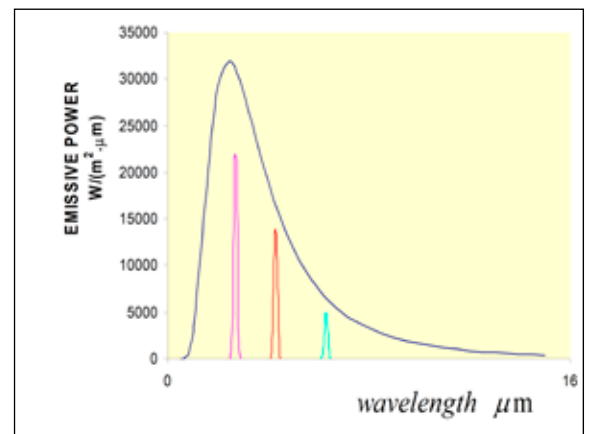
T_C = Wandtemperatur

T_L = Besatztemperatur

Da die Beschichtungs- und Ofenbesatz-Temperatur auf die vierte Potenz gebracht werden wird deutlich, dass Emisshield die meiste Energie absorbiert und wieder abstrahlt, wenn der Temperaturunterschied zwischen Beschichtung und Besatz am größten ist. Ferner weist unbeschichtetes Feuerfestmaterial in Tunnelöfen bei Betriebstemperatur einen Emissionsgrad, Ew , im Bereich von 0,3 - 0,5 auf. Das Auftragen von Emisshield auf das Feuerfestmaterial erhöht den Emissionsgrad auf rund 0,9. Das bedeutet, dass 90 % der von der Beschichtung absorbierten Energie auf den kälteren Ofenbesatz abgestrahlt werden.

Bei Annäherung von T_C an T_L verringert sich die Wärmeübertragung deutlich, woraus sich ergibt, dass ein Durchlaufofen nur im Aufheizbereich über 1100°F (600°C) und in der Brennzone mit Emisshield beschichtet werden würde. Bei einem Kammerofen würden die gesamten Ofenwände beschichtet, da durch Emisshield die Aufheiz- und Abkühlrate bei diesem Ofentyp erhöht würde, was zu Produktionssteigerungen mit Energieeinsparungen führt. Zu beachten ist, dass sich in einem Durchlaufofen, wie bei einem Kammerofen, sowohl die Aufheizzeit als auch die Abkühlzeit verringern wird.

Außerdem muss man wissen, dass Brennstoff und Brennmedium unterschiedlich auf den Auftrag von Emisshield reagieren. Für Emisshield ist zwischen den beiden kein Unterschied erkennbar, die thermodynamischen – und Leistungs-Ergebnisse sind jedoch je nach Brennstoffquelle unterschiedlich. Bei einem gasbeheizten Brennofen ist die Zunahme der Strahlung aus dem Feuerfestmaterial nicht nur für den Besatz (Ofenwagen) spürbar, sondern hat auch großen Einfluss auf und mit den heißen Verbrennungsgasen im Ofen. Diese heißen Verbrennungsgase weisen einen sehr niedrigen Gesamtemissionsgrad von circa 0,2 auf und sind somit nicht „grau“. Forschungsarbeiten bei British Gas und an verschiedenen europäischen Universitäten ergaben, dass Erdgas, wie in Abbildung 4 dargestellt (2.7, 4.3, 6.3 und 15 Mikrometer), tatsächlich in sehr engen Nahinfrarotbandbreiten abstrahlt. Da es sich beim Emissionsvermögen um einen zweistufigen Prozess der Absorption und Abstrahlung handelt, hat





- »5 Side walls and ceiling in the preheat zone and burner zone of the tunnel kiln were coated with Emisshield refractory coating.
- »5 Seitenwände und Decken in der Aufheiz- und Brennzone des Tunnelofens werden mit der feuerfesten Emisshield-Beschichtung versehen.

With any surface or material Emissivity and Reflectivity work hand in hand as follows: $Emissivity + Reflectivity = 1$

A kiln refractory with a low Emissivity will reflect radiant energy at the same wave-length and frequency as it is received and thus, will be reabsorbed by the combustion gas (Emissivity of 0.2). This results in a higher portion of energy not reaching the load.

If one increases the Emissivity of the wall with Emisshield to 0.9 then a greater amount of radiant energy is absorbed and re-radiated over a broader infrared wavelength bandwidth and more energy passes through the "waveband windows" to the load. Emisshield in a gas fired unit allows expansion of the narrow wavelength bandwidths, re-radiating energy over a much broader and continuous bandwidth with significantly more energy.

»4 indicates conceptually "waveband windows" and the smoothing grey body curve produced over a broader wavelength bandwidth by Emisshield systems in a kiln. Emisshield systems in an electric fired kiln will also work but with slightly less energy savings due to the absence of "waveband windows".

Expected Results When Using Emisshield

Upon preliminary tests done at the Institut für Ziegelforschung Essen e.V. (Institute of brick and tile research center) in Essen, Germany, showing about 6 % energy savings in a small batch kiln, an industrial project has been launched at Ziegelwerk Belenberg, Germany. On 20. February, 2021 about 400m² of side walls and ceiling in the preheat zone and burner zone of the tunnel kiln were coated by company CRESS B.V., the European application partner of Emisshield, Inc., with Emisshield refractory coating.

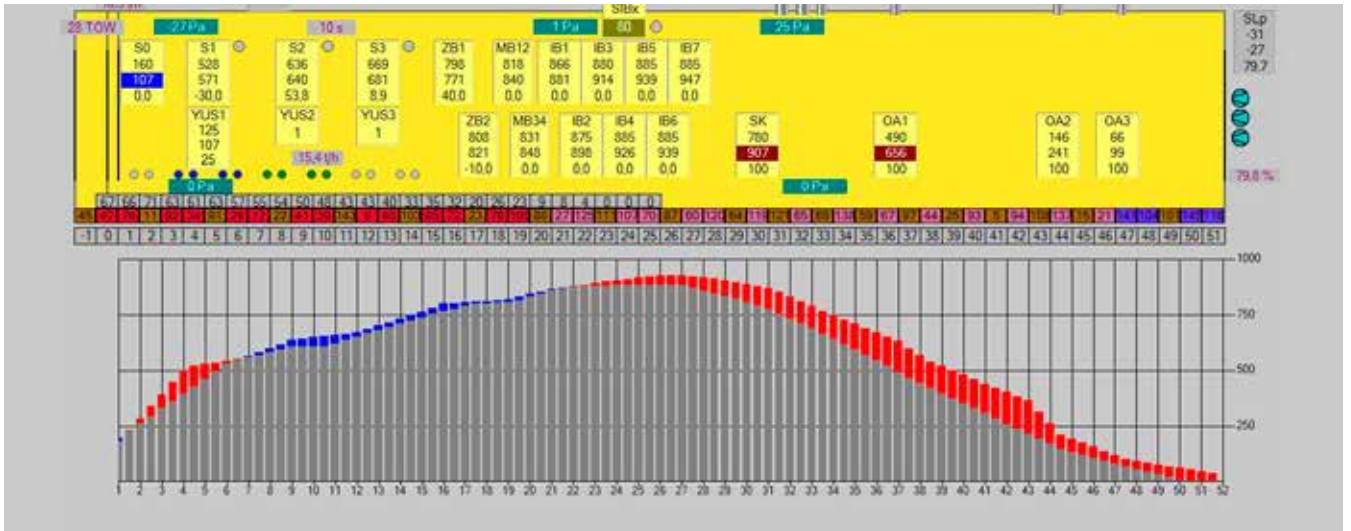
das heiße Verbrennungsgas die gleiche Affinität um auf genau den gleichen Bandbreiten zu absorbieren und wieder abzustrahlen. Somit existieren „Wellenlängen-Fenster“, in denen Verbrennungsgas weder Energie absorbiert noch abstrahlt und die Wellenlängen der Energie frei passieren können.

Bei jeder Oberfläche bzw. jedem Material arbeiten Emissionsvermögen und Reflexionsvermögen wie folgt Hand in Hand: $Emissionsvermögen + Reflexionsvermögen = 1$

Eine Feuerfest-Brennofen-Auskleidung mit geringem Emissionsvermögen wird Strahlungsenergie auf der gleichen Wellenlänge und Frequenz reflektieren, auf der sie empfangen wurde, und somit wird sie vom Verbrennungsgas wieder absorbiert (Emissionsgrad von 0,2). Dies führt dazu, dass ein höherer Energieanteil nicht am Besatz ankommt.

Wird der Emissionsgrad einer Wand mit Emisshield auf 0,9 erhöht, dann wird eine größere Strahlungsmenge über einen breiteren Infrarot-Wellenlängenbereich absorbiert und wieder abgestrahlt und somit gelangt mehr Energie durch das „Wellenlängen-Fenster“ zum Besatz. In einer gasbeheizten Anlage ermöglicht Emisshield die Erweiterung der engen Wellenlängen-Bandbreiten und damit die Energieabstrahlung über eine viel größere und durchgehende Bandbreite mit wesentlich mehr Energie.

In »4 werden konzeptionelle „Wellenlängen-Fenster“ dargestellt und die Glättung der „grauer Körper“ Kurve, die über einen größeren Wellenlängenbereich durch das Emisshield-System im Brennofen erzeugt wird. In einem elektrisch beheizten Brennofen funktionieren Emisshield-Systeme ebenfalls, jedoch mit etwas geringeren Energieeinsparungen aufgrund der fehlenden „Wellenlängen-Fenster“.



- »6 Tunnel kiln after coating
- »6 Ofen nach Beschichtung

After the restart of the kiln the operator immediately recognized energy excess leading to higher temperatures reaching into the cooling zones.

Step by step burner on times were reduced or completely shut off and the burner control had to be adjusted to get the system back into balance. Starting with 1st of May 2021 the specific energy consumption was monitored carefully and compared to the situation before coating. Due to a sophisticated energy management system according to ISO 50001 the following specific energy data were extracted from the system:

Gas consumption was monitored in the furnace-dryer assembly and compared with the data from 2019 and 2020. Main changes in raw material mixture, amount and type or porosing material and products were taken into account in the calculation as well as major production issues. After about 6 months of monitoring, it can be confirmed that the greatest savings are achieved in the area of the hot air burner in the dryer and in the furnace itself. This leads to an average reduction in natural gas consumption of about 7.5%.

Because of always changing raw material mixture, different amount of porosing material and products, the energy consumption will be monitored further over a longer period to confirm the trend about the energy savings. However, until today it can already be determined that the switch-on time of the burners is shorter than before. Likewise, it could be determined that energy is „pushed“ further into the cooling zone, so that higher temperatures are available at the upper exhaust for the drying process and the burners work less frequently in energy network with the dryer, so that energy savings can also be recorded there. During the next inspection of the kiln (after about one year of operation with coating), the durability of the coating on the brick lining will also be inspected.

At the Institut für Ziegelforschung Essen e.V. (Institute for Brick and Tile Research), the coating was applied to a fiber lining. Here, after more than a year of kiln operation with a wide variety of atmospheres from the firing of a wide variety of products, no change or damage has been observed.

For any further question about the Emisshield coating project at Ziegelwerk Bellenberg, please raise your questions to Tobias Bem (tobias.bem@ziegelwerk-bellenberg.de), phone: +49 (0)7306-965040.

Zu erwartende Ergebnisse bei Verwendung von Emisshield

Nach ersten Untersuchungen am Institut für Ziegelforschung Essen e.V. in Essen, die Energieeinsparungen von rund 6 % in einem kleinen Kammerofen ergaben, wurde ein Industrieprojekt im Ziegelwerk Bellenberg in Deutschland gestartet. Hier wurden am 20. Februar 2021 von der Firma CRESS B.V., dem europäischen Applikationspartner von Emisshield, Inc., rund 400 m² Seitenwände und Decken in der Aufheiz- und Brennzzone des Tunnelofens mit der hitzebeständigen Emisshield-Beschichtung versehen.

Nach dem Neustart des Brennofens bemerkte der Bediener sofort Überschussenergie, was zu höheren Temperaturen bis in die Kühlzone führte.

Die Einschaltzeiten der Brenner wurden schrittweise reduziert bzw. wurden Brenner ganz ausgeschaltet und die Brennersteuerung musste angepasst werden, um das System wieder ins Gleichgewicht zu bringen. Ab dem 1. Mai 2021 wurde der spezifische Energieverbrauch sorgfältig überwacht und mit der Situation vor der Beschichtung verglichen. Mit einem durchdachten Energiemanagementsystem nach ISO 50001 war es möglich, die folgenden spezifischen Energiedaten zu entnehmen:

Der Gasverbrauch wurde im Verbund Ofen-Trockner betrachtet und mit den Daten aus 2019 und 2020 verglichen. Wesentliche Änderungen bei Mischung, Menge und Art der Ausgangsstoffe bzw. Porosierungsmittel und Produkte wurden ebenso bei der Berechnung berücksichtigt wie größere Produktionsprobleme. Nach einer etwa 6-monatigen Überwachung kann bestätigt werden, dass die größten Einsparungen im Bereich des Heißluftbrenners im Trockner und im Ofen selbst erzielt werden. Dies führt zu einer durchschnittlichen Verringerung des Erdgasverbrauches von etwa 7.5%.

Aufgrund der sich ständig ändernden Ausgangsstoffmischung, der unterschiedlichen Menge an Porosierungsmitteln und Produkten wird der Energieverbrauch über einen längeren Zeitraum weiter überwacht, um die Tendenz der Energieeinsparungen zu bestätigen. Bis heute lässt sich jedoch bereits feststellen, dass die Einschaltzeit der Brenner kürzer als bisher ist. Es konnte ebenfalls festgestellt werden, dass Energie weiter in die Kühlzone hinein „gedrückt“ wird, sodass höhere Temperaturen am oberen Auslass für den Trocknungsprozess zur Verfügung



© Privat


[linkedin.com/in/herbert-gruenbichler-2912b3b1/](https://www.linkedin.com/in/herbert-gruenbichler-2912b3b1/)

» Herbert Grünbichler has more than 25 years of experience in the chemical industry. He is an expert in precipitated calcium carbonate (PCC) production and has six years of experience as a managing director. Responsible at CRESS B.V. as Sales Manager for Europe, Grünbichler focuses on energy savings and energy optimisation in high-temperature processes and supplies customers with Emisshield® High Emissivity Coatings (www.emissshield.com) and Temp-Coat® Insulation and Protection Coatings (www.tempcoat.com).

» Herbert Grünbichler verfügt über mehr als 25 Jahre Erfahrung in der chemischen Industrie. Er ist Experte für die Produktion von gefälltem Calciumcarbonat (PCC) und hat sechs Jahre Erfahrungen als Geschäftsführer gesammelt. Bei CRESS B.V. zuständig als Salesmanager für Europa, konzentriert sich Grünbichler auf Energieeinsparungen und Energieoptimierung in Hochtemperaturprozessen und beliefert Kunden mit Emisshield® High Emissivity Coatings (www.emissshield.com) und Temp-Coat® Insulation and Protection Coatings (www.tempcoat.com).

stehen, die Brenner seltener im Energieverbund mit dem Trockner arbeiten, und sich auch in diesem Bereich Einsparungen an Energie einstellen. Bei der nächsten Ofeninspektion (nach etwa einem Jahr Betriebszeit mit der Beschichtung) wird auch die Beständigkeit der Beschichtung auf der Ausmauerung überprüft.

Am Institut für Ziegelforschung Essen e.V. wurde die Beschichtung auf eine Faser- auskleidung aufgebracht. Nach über einem Jahr Ofenbetrieb bei unterschiedlichsten Atmosphären, bedingt durch das Brennen verschiedenster Produkte, wurden hier keine Veränderung oder Beschädigung festgestellt.

Ansprechpartner zum Beschichtungsprojekt mit Emisshield im Ziegelwerk Bellenberg ist Tobias Bem (tobias.bem@ziegelwerk-bellenberg.de), Tel: +49 (0)7306-965040. 

Emisshield Inc.
www.emissshield.com
CRESS B.V.
www.cressbv.nl
Space Foundation
www.spacefoundation.org


ZMB BRAUN GmbH

Markdorfer Straße 1
88048 Friedrichshafen
Germany

Tel. +49 7544 5098-0

Fax +49 7544 6271

info@zmb-braun.de
www.zmb-braun.de

BasicLine ...
one step ahead