

EMISSHIELD®

Optimisation des fours avec des revêtements à haute émissivité

Principe · Concept de mesure · Données de cas de Bellenberg, Engels/TCKI et Jacobi

Par Herbert Gruenbichler
Directeur commercial pour l'Europe

EMISSHIELD® – Origine dans la technologie spatiale

Technologie à haute émissivité pour des conditions thermiques extrêmes – ensuite transférée aux procédés industriels à haute température.



Origine NASA Technologie visant à améliorer les performances thermiques des matériaux dans des conditions extrêmes.

« **Space Certified** » La technologie a été développée pour des applications spatiales puis transférée à des applications terrestres.

Space Technology Hall of Fame Intronisé en 2021



EMISSHIELD® dans le four :

Plus de chaleur rayonnante – températures de procédé plus basses – gains d'efficacité mesurables

$\epsilon \approx 0,9$

Plus de chaleur rayonnante

Emisshield augmente l'émissivité de la surface du four et améliore le rerayonnement vers la charge du four, plus froide.

-40°C to -200°C^*

Potentiel du procédé

Chez Engels/TCKI, la consigne maximale a été réduite de $1\,080^{\circ}\text{C}$ à $1\,040^{\circ}\text{C}$ tout en maintenant une qualité de produit comparable.

* Résultat après revêtement d'une unité

3 to 6%

Économies d'énergie

Engels Oeffelt/TCKI : 3,1%
Jacobi Tonwerke : 4 à 5%
Four discontinu de laboratoire IZF : 6%
Briqueterie Bellenberg : 6%

Émissivité (ϵ)

Mesure de la capacité d'un corps à émettre ou absorber de l'énergie par rapport à un corps noir à la même température.

POURQUOI EMISSHIELD FONCTIONNE

La clé est le transfert de chaleur par rayonnement, et non l'isolation.

Surface réfractaire

$$\epsilon \approx 0,2-0,5$$

dans le four aux températures de fonctionnement



Avec Emisshield®

$$\epsilon \approx 0,9$$

une absorption accrue et une réémission vers la charge

Dans le four, cela signifie :

- davantage d'énergie rayonnante atteint la charge du four
- le matériau réfractaire emmagasine moins de chaleur
- possibilité de réduire les points de consigne et d'obtenir un chauffage plus homogène

$$Q = \epsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot (T1^4 - T2^4)$$

Q = énergie rerayonnée absorbée par la charge du four [W/m²]

ϵ = facteur d'émissivité du revêtement

σ = constante de Stefan-Boltzmann [W/m²K⁴]

A = surface

T1 = température de la paroi [K]

T2 = température de la charge (p. ex. briques dans un four tunnel) [K]

Plus ϵ est élevé et plus l'écart de température entre l'atmosphère du four et la charge est important, plus le transfert de chaleur est élevé.

OÙ APPLIQUER LE REVÊTEMENT – ET OÙ NE PAS L'APPLIQUER ?

Sens du four →

Zone de préchauffage

✓ Revêtir

Zone de cuisson

✓ Revêtir sélectivement

Zone de pointe

△ Évaluer avec
soin

Zone de
refroidissement

—

Si l'écart de température entre le produit et l'atmosphère du four est $< 50^{\circ}\text{C}$, le revêtement devient moins efficace. Évaluer si le revêtement peut néanmoins être avantageux (p. ex. en termes de taux de rebut ou de qualité du produit).

Infiltration du réfractaire → **Potassium**

Des teneurs élevées en potassium peuvent provoquer l'écaillage de la couche réfractaire avec le revêtement.
Cause fondamentale : l'eau (comme milieu de transport du revêtement) provoque une réaction chimique avec le potassium)

OPTIMISATION DU FOUR

Les avantages résultent d'un processus avant/après contrôlé.

1

Référence

Énergie, profil de température, qualité du produit, émissions

2

Appliquer le revêtement

zones de préchauffage et de cuisson adaptées

3

Stabiliser

Ramener le four à un fonctionnement stable

4

Optimiser la courbe de cuisson

Réduire progressivement les températures de pointe et de préchauffage

5

Mesurer à nouveau

Répétition Datapaquet bilan énergétique

6

Assurer la qualité

Couleur, dimensions, absorption d'eau

QUE FAUT-IL MESURER ?

Quatre domaines de mesure suffisent s'ils sont mesurés de manière comparable avant et après l'optimisation.

1. TEMPÉRATURE DU PRODUIT

Placer les thermocouples Datapaq dans les empilements extérieurs et intérieurs, répartis sur la hauteur et la largeur.

2. FLUX ÉNERGÉTIQUES

Enregistrer la consommation de gaz du four et du séchoir, ainsi que les débits de fumées et d'air du four/séchoir.

3. QUALITÉ DU PRODUIT

Prélever des produits dans les empilements extérieurs et intérieurs : absorption d'eau, dimensions et qualité visuelle.

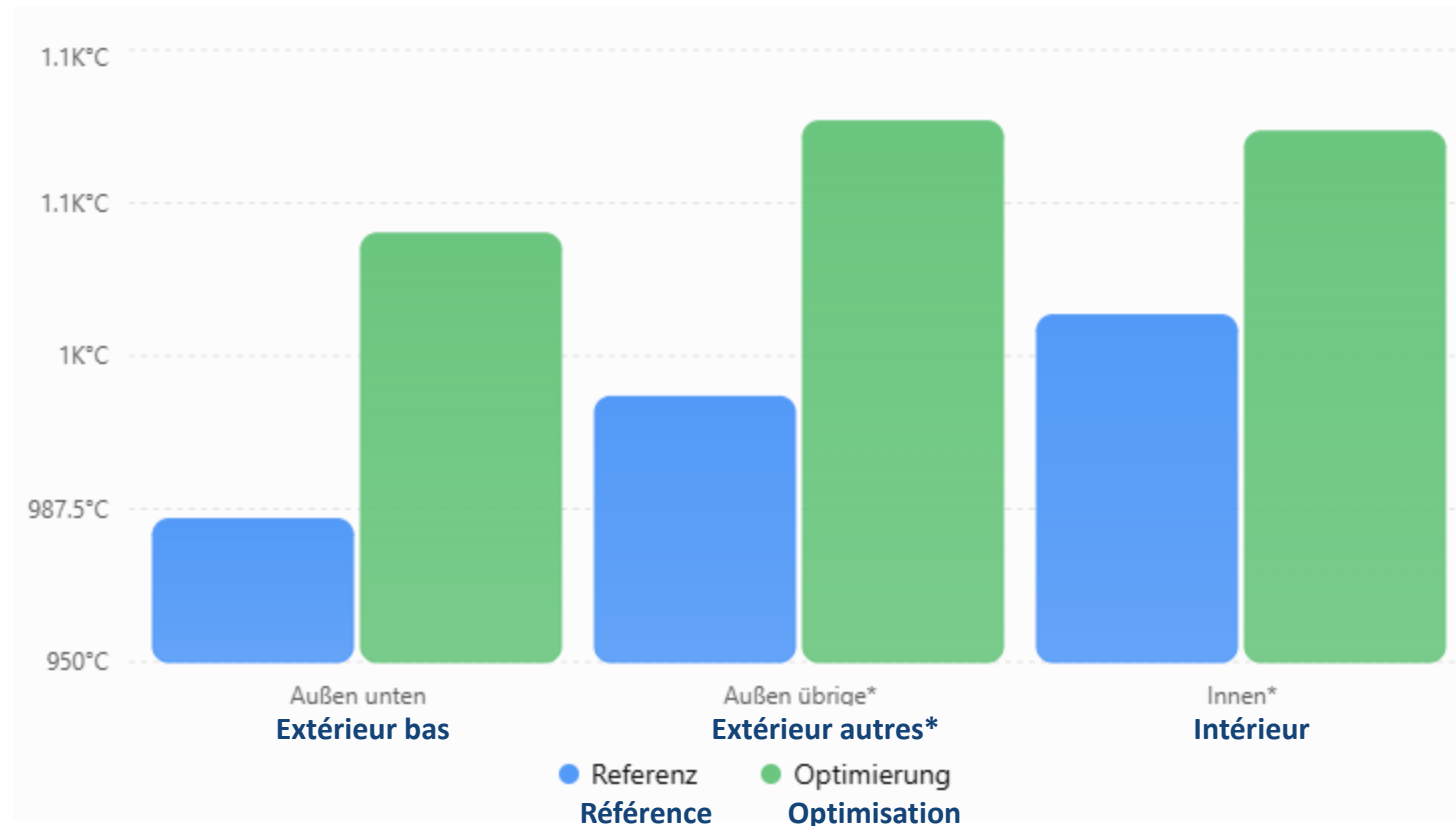
4. COMPARABILITÉ

Maintenir le débit de production et le chargement aussi constants que possible ; répéter les mesures après les modifications de recette.

Important : ne pas se concentrer uniquement sur la consigne – les températures réelles du produit, les flux énergétiques et la qualité du produit sont déterminants.

ENGELS / TCKI : QU'A-T-ON RÉELLEMENT MESURÉ ?

1. TEMPÉRATURE DU PRODUIT



Consigne de température
Mesure de référence : 1010°C

Consigne de température
Mesure d'optimisation : 1040°C

→ Écart de température plus faible entre les empilements intérieurs et extérieurs après revêtement

ENGELS / TCKI : QU'A-T-ON RÉELLEMENT MESURÉ ?

2. FLUX ÉNERGÉTIQUES - RÉSULTATS PENDANT LA PHASE D'OPTIMISATION

-40 °C

Consigne maximale

-15 %

Consommation nette spécifique

≈ -3,1 %*

Consommation spécifique de gaz en 2024

Interprétation du résultat :*

Consommation de gaz en 2024 sur 10 mois après l'application d'Emisshield. La phase de démarrage et les ajustements de la courbe de cuisson sont inclus ; une réduction supplémentaire est attendue après optimisation complète.

ENGELS / TCKI : QU'A-T-ON RÉELLEMENT MESURÉ ?

3. QUALITÉ DU PRODUIT - PENDANT LA PHASE D'OPTIMISATION

Lengte afmetingen			Lengte afmetingen		
Positie wagen	Referentie	Optimalisatie	Positie wagen	Referentie	Optimalisatie
	[mm]	[mm]		[mm]	[mm]
R24-1	215.0	209.5	R13-1	215.0	207.5
R24-2	214.0	210.5	R13-2	214.5	207.5
R24-3	214.0	208.5	R13-3	213.5	209.5
R24-4	215.0	209.0	R13-4	213.5	210.0
R24-5	215.0	209.0	R13-5	214.0	209.5
R24-6	214.0	210.5	R13-6	215.0	208.0
R24-7	214.0	209.5	R13-7	213.0	207.5
R24-8	214.5	210.0	R13-8	214.0	210.5
R24-9	214.0	212.5	R13-9	214.5	210.0
R24-10	215.0	213.5	R13-10	216.0	211.0
Gemiddelde	214.5	210.3	Gemiddelde	214.3	209.1
Min	214.0	208.5	Min	213.0	207.5
Max	215.0	213.5	Max	216.0	211.0
Stdev 10x	0.50	1.60	Stdev 10x	0.89	1.35
Stdev 8, 9 en 10	0.50	1.80	Stdev 8, 9 en 10	1.04	0.50
Vrijwillige wateropname			Vrijwillige wateropname		
Positie wagen	Referentie	Optimalisatie	Positie wagen	Referentie	Optimalisatie
	[%]	[%]		[%]	[%]
R24-1	14	9	R13-1	14	9
R24-2	14	9	R13-2	13	8
R24-3	14	8	R13-3	14	8
R24-4	14	8	R13-4	13	8
R24-5	11	8	R13-5	14	8
R24-6	14	8	R13-6	15	7
R24-7	14	9	R13-7	13	8
R24-8	15	10	R13-8	14	9
R24-9	14	11	R13-9	14	8
R24-10	14	11	R13-10	14	9
Gemiddelde	13.8	9.1	Gemiddelde	13.8	8.2
Min	11.0	8.0	Min	13.0	7.0
Max	15.0	11.0	Max	15.0	9.0
Stdev 10x	1.03	1.20	Stdev 10x	0.63	0.63
Stdev 8, 9 en 10	0.58	0.58	Stdev 8, 9 en 10	0.00	0.58

Observations :

Dimensions : **plus petites**

ET 0.5 → 1.6 (intérieur)

ET 0.9 → 1.4 (extérieur)

Absorption d'eau : **plus faible**

ET 0.58 → 0.58 (intérieur)

ET 1.0 → 1.2 (extérieur)

Résultats après optimisation :

Après réduction des consignes de température, les dimensions et l'absorption d'eau se situent à nouveau dans la plage des mesures de référence.

ÉTUDES DE CAS

ÉTUDE DE CAS : ZIEGELWERK BELLENBERG

Référence à long terme depuis février 2021



400 m²

surface revêtue

2021 → 2026

inspections annuelles

Zones revêtues

- Parois à partir du niveau inférieur des wagonnets et plafond
- Zone de préchauffage à partir d'env. 600°C jusqu'à la fin de la zone de cuisson
- Revêtement étendu en 2026 (à partir de 500°C) et retouche

7,5% d'économies d'énergie après optimisation du four, révisées à 6% dans la comparaison à long terme

ÉTUDE DE CAS : ZIEGELWERK BELLENBERG

Inspection et documentation annuelles

2022



2023



98 %

la zone revêtue est restée intacte ; aucune perte de performance. L'impact de la flamme a endommagé le matériau réfractaire, provoquant un écaillage.



2024

2025

Déclaration du client 2026

« Depuis l'application du revêtement en 2021, les briques réfractaires n'ont plus dû être remplacées jusqu'en 2026 ; avant le revêtement, le remplacement était annuel.

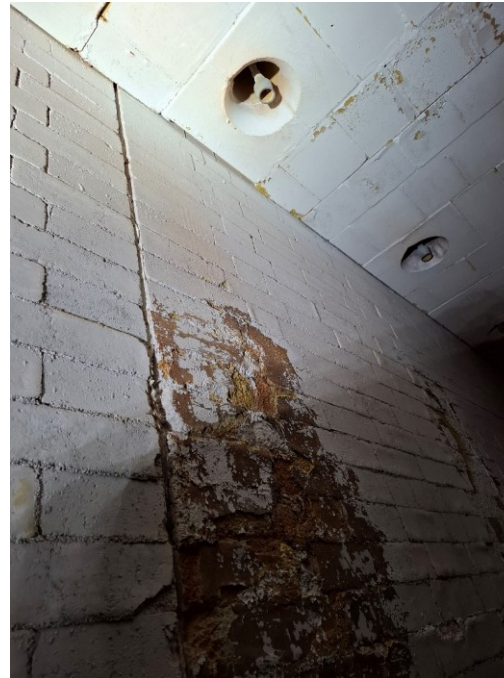
De plus : chauffage plus uniforme et moins de rebuts. »

ÉTUDE DE CAS : ZIEGELWERK BELLENBERG

Domage local du réfractaire/écaillage du revêtement



ÉCAILLAGE LOCAL DU MATÉRIAU RÉFRACTAIRE



IMPACT DE LA FLAMME



« RETOUCHE »

ÉTUDE DE CAS : JACOBI TONWERKE - BILSHAUSEN

116 m²

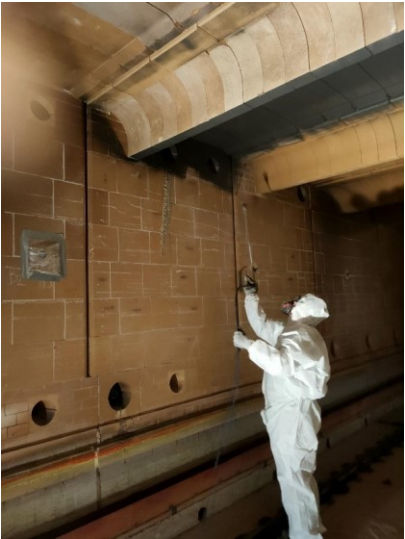
surface revêtue

-3 %

Rebuts

-6 %

Consommation
d'énergie



Assurance qualité

- Surface : exceptionnellement propre, sans résidus
- Thermocouples masqués pour éviter toute interférence avec les mesures
- Application sans air ; temps de mélange, températures et taux d'humidité consignés
- Essais d'adhérence selon la norme ASTM 3359 : excellente adhérence

ÉTUDE DE CAS : GROUPE STEULER - NORDCERAM BREMERHAVEN

Four à rouleaux SACMI · Gaz · max. 1 220°C



Par la suite, tous les fours à rouleaux du groupe Steuler ont été revêtus (3 à Bremerhaven, 2 à Mühlacker et 4 à Leisnig)

250 m²

surface revêtue

+4 %

Production

-6 %

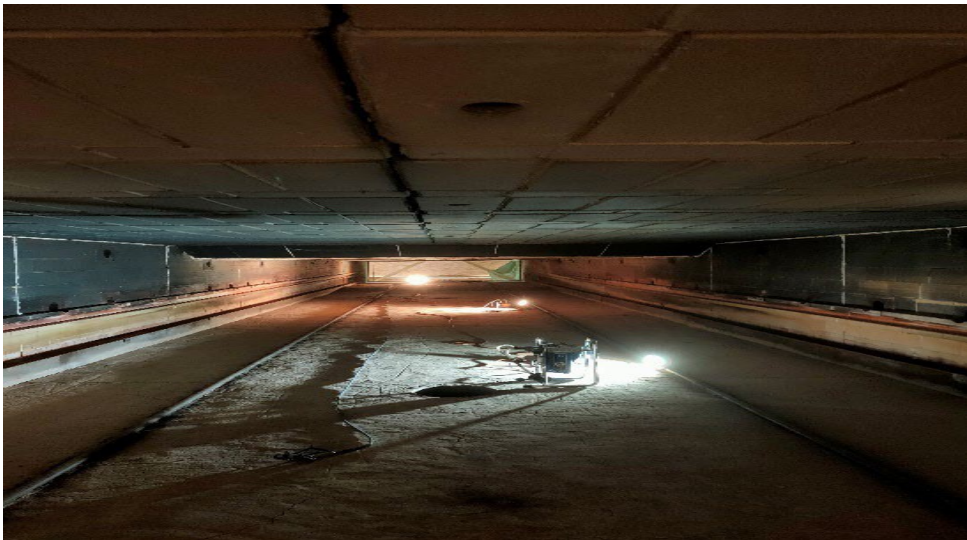
Consommation
d'énergie

Observations / mesures

- Application en juillet 2022 : parois et plafond.
- Zone de préchauffage de 600°C jusqu'à la fin de la zone des brûleurs.
- Avantage supplémentaire indiqué dans l'étude de cas : chauffage plus uniforme.

ÉTUDE DE CAS : CREATON GUTTAU

Four tunnel – Gaz – 1100°C – oxydant et réducteur



Par la suite, le deuxième four de CREATON Gutttau a été revêtu, ainsi que d'autres fours à Roggden et Lenti (Hongrie).

235 m²

surface revêtue

3,5–6 %

Économies
d'énergie

+50 °C*

Température des
fumées

Observations / mesures

- Application en novembre 2021
- Zone de préchauffage à partir de 600°C et zone des brûleurs.
- ***La température des fumées a augmenté de 50°C (avant optimisation).**
- Après évaluation des données du four : brûleurs arrêtés et consignes de cuisson réduites pour chaque format de brique

ÉTUDE DE CAS : WALTHER DACHZIEGEL - LANGENZENN

Four tunnel STROHMENGER – gaz – max. 1020°C



205 m²

surface revêtue

+8 %

Production

-4 %

Consommation
d'énergie

Observations / mesures

- Mis en œuvre en février 2022
- Il n'était pas possible de charger le niveau de cassette le plus bas avant le revêtement en raison de problèmes de qualité.
- L'amélioration de la répartition de la température après le revêtement a permis d'améliorer la qualité du produit, ce qui a rendu possible le chargement du niveau de cassette le plus bas.
- Une consommation d'énergie réduite malgré une production accrue.

ÉTUDE DE CAS : INSTITUT DE RECHERCHE SUR LA BRIQUE ET LA TUILE

Four de laboratoire – gaz – fibre céramique – max. 1100°C



_avant revêtement



après revêtement
en août 2020

5 m²

surface revêtue

-6 %

Consommation
d'énergie

CONFIRMATION

DATUM
24.05.2026

In September 2020, we had our fiber-lined laboratory kiln coated with Emisshield. The kiln is fired with natural gas, although numerous firings using hydrogen as a fuel have already been conducted. Several tests conducted immediately after the coating revealed an energy savings of 6%.

All products of the heavy clay ceramics industry are fired in the kiln, including porous masonry bricks, paving clinkers, facing bricks, and roof tiles. The latter come in natural red, engobed, or glazed varieties, meaning the coating is subjected to constantly changing atmospheres. The kiln operates in batch mode, involving continuous heating and cooling cycles.

To date, no damage to the coating has been detected, despite the constantly changing thermal loads under a wide variety of atmospheres.

Eckhard Rimpel
Deputy Manager

SYNTHÈSE

DÉROULEMENT DU PROJET DE REVÊTEMENT

A Mesurer avant

- Datapaq profil de température
- Débits de gaz/d'énergie
- Qualité des produits
- Débit et chargement

B Planifier et exécuter

- Remplir le questionnaire relatif au projet
- Sélectionner les zones en fonction du ΔT
- Vérifier le substrat
- Protéger les thermocouples
- Contrôle qualité après revêtement

C Optimiser ensuite

- Stabiliser le four
- Ajuster les courbes de température progressivement
- Réduire les points de consigne du four
- Profil de température Datapaq
- Vérifier la qualité du produit

D Contrôles à long terme

- Suivi énergétique
- Inspection visuelle lors de l'arrêt du four

POURQUOI EMISSHIELD ?

1

Technologie verte

Une émissivité élevée améliore le transfert de chaleur par rayonnement – en particulier avec de grands écarts de température et des surfaces à faible émissivité (fibre céramique). Réduit l’empreinte carbone et les émissions nocives



2

Preuves

Plus de 50 projets ; participation d’instituts renommés (IZF, TCKI) et références clients (briqueterie Bellenberg, Jacobi Tonwerke, CREATON Gutttau, Engels Oeffelt, etc.).

ROI ~ 1 an

3

Durabilité

Après cinq ans de fonctionnement, 98% du revêtement de la briqueterie Bellenberg reste entièrement intact. Aucune détérioration de la qualité du produit et/ou des économies d’énergie.

4

Données indépendantes

Les chiffres, données et faits de l’IZF, TCKI, Thermwin Technologies, WBU et de l’Université de Gand (<https://improof.cerfacs.fr>) confirment son efficacité.

COORDONNÉES



Herbert Gruenbichler
Responsable commercial Europe



+43 (0)676 57 98 795

herbert.gruenbichler@cressbv.nl

www.cressbv.nl

www.gruenbichler.eu