

Neubau eines kundenspezifischen, innovativen Niedrigenergietrockners

Im Ziegelwerk Leers (Nordfrankreich) werden Vormauerziegel nach traditioneller Art in einem 1931 erbauten Hoffmannofen mit Kohlefeuerung produziert. In Zusammenarbeit mit der Firma Thermoplan, D-München, wurde nach zwei Jahren Test- und Planungsphase ab Januar 2005 der Bereich ab Formgebung bis Ofen neu gestaltet. Die vorherige arbeitskraftintensive Freilufttrocknung wurde durch einen Durchlauftrockner ersetzt, dessen Trocknerwagen direkt in den Ofen transportiert werden können.

1 Einleitung

In Leers, einer Stadt in Nordfrankreich in der Nähe von Lille, betreiben die Briqueteries du Nord (BdN) ein Ziegelwerk mit einem historischen Hoffmann-Kohleofen, der seit über 50 Jahren ohne Unterbrechung angefeuert wird. Ab dem mit nassen Ziegeln beladenen Transportwagen wurden bisher alle Arbeitsschritte von Hand ausgeführt, sowohl das Be- und Entladen der Lufttrocknung in überdachten Hangars als auch das Füllen und Leeren des Ofens sowie die Verpackung der Ziegel. Nach bereits mehrjähriger erfolgreicher Zusammenarbeit der BdN mit Thermoplan begannen diese 2003 gemeinsam mit der Planung eines an den Produktionsprozess angepassten Trockners.

2 Planungsgrundlagen

Das Projekt für den Transfer und das Trocknen der nassen Vollziegel hatte zum Ziel, die saisonale Nassproduktion auf einen Ganzjahresbetrieb (ca. 38 000 Stück/Tag) umzustellen. Dabei galt es, folgende Rahmenparameter zu berücksichtigen:

- ▶ Erhalt der Originalität des traditionellen Produkts
- ▶ Investition $\leq 2,0$ Mio. €
- ▶ Nachhaltigkeit der Investition
- ▶ Geringe laufende Energiekosten ($\leq 0,1$ Mio. €)
- ▶ Geringe Instandhaltungskosten

Besonderes Augenmerk lag dabei auf den charakteristischen Merkmalen des Produktes, die nur durch ein mehrlagiges Setzen der nassen Ziegel ohne Latten/Rahmen zu erzielen sind. Daneben sollte der Trocknerwagen direkt für die weiterhin manuelle Beladung des Ofens geeignet sein.

Die räumlichen Voraussetzungen des Standorts waren eine Entfernung von 150 m zwischen der Nassproduktion und dem Ofen und ein Höhenunterschied von 2 m.

3 Umsetzung

3.1 Nassproduktion/Ziegeltransfer

Schnittstelle zur bestehenden Formgebungsanlage war der

Christian Nether

Construction of an innovatively customerized low-energy dryer

At the Briqueteries du Nord (BdN) brickworks in Leers (Northern France) facing bricks are still being produced according to the traditional technique in a vintage-1931, coal-fueled Hoffmann kiln. After a two-year testing and planning phase, in cooperation with the Munich-based Contractor Thermoplan, in January 2005 started the renovation of all sections of the plant, from shaping through firing. This included replacement of the old labour-intensive open-air drying operations with a continuous-flow dryer, the dryer cars of which can be loaded directly into the kiln.

1 Introduction

In Leers, a town near Lille in Northern France, Briqueteries du Nord (BdN) operates a brickyard that still uses a historic, coal-fueled Hoffmann kiln – a kiln that has been lit without interruption for more than 50 years. Until now, all steps of work beginning at the wet-brick-laden transfer car were performed



Überblick über den Standort vor dem Umbau
General view of the site before the conversion



*Übergabe der Ziegel vom Harfenabschneider an das Transportband, mit Besandung
Transfer of bricks from the multiple-wire cutter to the conveyor belt, incl. sanding*

Harfenabschneider. Von dort werden die Ziegel auf ein Transportband umgesetzt, das zuvor automatisch mit feuchtem Sand belegt wird (Vibrationsrinne). Beim Abtransport wird dann auch die Oberseite der Ziegel entsprechend besandet. Am Ende des Transportbandes nimmt ein Roboter die geschnittenen Ziegel auf und setzt diese auf den Trocknerwagen (zwei Beladestellen). Dabei wird der Höhenunterschied des Geländes von 2 m überwunden.

Auf den flachen Trocknerwagen (B/T/H: 1 800 x 1 000 x 400 mm) werden sechs Lagen hoch à vier Reihen quer gebildet und die einzelnen Reihen lagenweise zueinander mit etwa 15° verschränkt. Dadurch entsteht ein stabiles und auch sehr kompaktes Gefüge. Durch die Vorversuche mit einem Trocknerprototyp konnten Winkel, Stabilität und Trocknungseignung des Besatzes vorab verifiziert werden. Durch das Besanden kleben die Ziegel nur geringfügig aneinander, die auf Grund der Setzweise entstehenden schrägen Markierungen sind ein wichtiges Merkmal des Ziegels.

Mittels einer Transportbühne werden die Trocknerwagen anschließend auf die einzelnen Trocknungskanäle verteilt. Das Aufziehen und Abschieben auf die Bühne werden durch Hydraulikzylinder gleisweise realisiert. Nach dem Trockner werden die Wagen durch kurze Hydraulikzylinder aus dem Torbereich entfernt. Die nach dem Trockner auflaufenden Trocknerwagen können durch das einfache Aufsetzen von zwei Transportgittern direkt zur Beladung des Ofens genutzt werden.

Die engen Vorgaben bezüglich des Investitionsbudgets und geringer laufender Instandhaltungskosten wurden im Bereich Handling durch die sehr geringe Anzahl bewegter Teile, den Einsatz von Standard-Hydraulikkomponenten und die Nutzung eines Roboters erreicht. Durch das Trocknen ohne Rahmen/Latten und die einfachen Trocknerwagen entfallen jegliche komplexen Transportvorgänge, sowohl vor als auch nach dem Trockner.

3.2 Trockner

Nach erfolgreichen Versuchen im Jahre 2003 mit einem Trocknerprototyp wurden folgende Rahmenparameter für den Trockner festgelegt:

- ▶ Besatzdichte und -verschränkung (siehe Ziegeltransfer)
- ▶ Luftumwälzmenge und -dauer
- ▶ Warmlufttemperatur $\leq 65^\circ\text{C}$



*Übergabe der Ziegel an den Roboter mit Positionsbestimmung über Laserabstandssensoren
Transfer of bricks to the robot, with position monitoring via laser displacement sensors*

by hand – including the loading and unloading of the air-drying shelters, filling and emptying of the kiln, and packaging of the bricks. In 2003, following several years of successful cooperation between BdN and Thermoplan, the two companies began to plan an appropriate new dryer for the production process.

2 Planning basis

The purpose of the transfer & dry project for wet solid bricks was to convert the seasonal form of wet production to a year-round mode with an output of some 38 000 pcs/day. The following boundary parameters were adopted:

- ▶ preservation of the traditional product's original character
- ▶ investment ≤ 2.0 Mio. €
- ▶ sustainability of investment
- ▶ low routine energy costs (≤ 0.1 Mio. €)
- ▶ low maintenance costs

Special importance was attached to the characteristic features of the product, which can only be achieved by stacking the wet bricks without laths/frames. Additionally, the dryer cars had to be directly suitable for continued manual loading of the kiln.

The facility's spatial prerequisites were 150 m distance between the wet production area and the kiln, and a vertical interval of two metres.

3 Implementation

3.1 Wet production/brick transfer

The multiple-wire cutter served as the interface for the existing shaping plant. This is where the bricks are transferred onto a conveyor belt coated with an automatically applied dusting of moist sand (vibrating feeder). As the bricks are being carried off, their tops are also sanded, and at the end of the belt a robot picks up the cut bricks and places them on the dryer car (two loading points). At this point, the bricks have overcome the aforementioned two-metre vertical interval.

The bricks are then placed on a flat dryer car (W/D/H: 1 800 x 1 000 x 400 mm) six high in four cross-angle rows, with roughly 15° offset (interleavement) in the rows of each successive layer. This yields a stable and very compact structure.

- ▶ 7-Tage-Trocknungszyklus (optimale Nutzung der Nieder-temperaturenergiequellen)
- ▶ Einsatz einer Energierückgewinnung über einen Kondensationswärmetauscher im Trockner
- ▶ Nutzung der Sonnenenergie in Form eines transparenten Trocknerdaches

Die in den Vorgaben festgelegte Nachhaltigkeit der Investition erforderte eine Konzentration der Mittel auf das Trocknerbauwerk und die Trocknerwagen. Durch die Entscheidung für einen 7-Tage-Trocknungszyklus wurde die Trocknerfläche auf die Aufnahme von fünf Tages-Produktion à 38 000 Ziegel ausgelegt. Insgesamt verfügt der Trockner nun über sechs Trocknungsgleise und ein Rücklaufgleis. Auf einer Länge von 120 m (Breite: 15 m, Höhe: 1,80 m) sind insgesamt 396 Trocknerwagen im Trockner. Verfahrenstechnisch ist der Trockner so aufgetrennt, dass drei Kanäle à zwei Gleise unabhängig voneinander betrieben werden können (getrennte Warmluftzufuhr und Nassluftentsorgung).

Besonderer Wert wurde beim Trocknergebäude auf hervorragende Isolationswerte gelegt. Unterstützt wurde diese Auslegung durch die Geländebeschaffenheit, da heute 80 % des Trockners „unterirdisch“ verlaufen, also neben dem Beton und der Isolationsschicht auch das Erdreich zur Isolation des Trockners beiträgt. Für das Gesamtgebäude wurde ein k-Wert kleiner 0,1 erreicht.

Die Luftumwälzung im Trockner erfolgt über 18 bewegliche Ventilatoren pro Kanal, die gemeinsam über einen Hydraulikzylinder an der Trocknerausfahrt (5,5 m Hub) bewegt werden. Um die Instandhaltung an der Luftumwälzung zu ermöglichen, ist die Verbindung der einzelnen Ventilatorenwagen so gestaltet, dass die Ventilatorenwagen über die Ausfahrseite des Trocknerkanals herausgefahren werden können.

Im gesättigten Nassluftbereich des Trockners ist ein 700 m² großer Wärmetauscher in Form von Rohrleitungen an den Trocknerwänden integriert, der Frischluft anwärmt und dabei an kalten Tagen/Nächten für Rückgewinnung von Kondensationsenergie sorgt. Das anfallende Wasser wird kanalisiert und abgeleitet. Über dieses System ist es gleichzeitig möglich, die gewünschte Ablufttemperatur und -feuchtigkeit einzustellen. Die Regelung des Trockners ist, bedingt durch den 7-Tage-Zyklus, sehr einfach zu handhaben, als Stellglieder stehen die Warmlufttemperatur und -menge, die Nassluftmenge und die Kondensationsluftmenge zur Verfügung. Im Betrieb hat sich dieser einfache Ansatz bestens bewährt, eine Änderung der Stellglieder ist nur bei nachhaltigen Produktionsstörungen erforderlich.



*Beladung der Trocknerwagen und Transfer in den Trockner
Loading of dryer cars and transfer to the dryer*



Trocknerausfahrt mit Speichermöglichkeit einer halben Tagesproduktion

Dryer exit with storage capacity for half a day's production

A series of preliminary trials with a prototype dryer enabled advance verification of the angles, stability and drying suitability of the setting. Sanding minimizes the bricks' tendency to stick to each other; the setting-dependent slanting marks on the bricks are one of their trademark characteristics.

From there, the dryer cars are distributed onto individual drying tunnels by means of a transfer car. Hydraulic cylinders serve to pull and shove the load onto the car track by track. As the cars emerge from the dryer, short hydraulic cylinders move them out of the doorway. The dryer cars accumulating downstream of the dryer can serve directly for loading the kiln by simply placing a pair of transport grates on them.

The tight restrictions regarding the investment budget and low routine maintenance costs were satisfied for the handling scope by minimizing the number of moving parts, installing standard-hydraulic components, and opting for a robot. Drying without frames/laths, together with the use of simple dryer cars, avoids all kinds of complex handling operations both upstream and downstream of the dryer.

3.2 Dryer

Following successful trial operation of a prototype dryer in 2003, the following boundary parameters were stipulated for the dryer:

- ▶ setting density and interleavement (see brick transfer)
- ▶ rate and duration of air recirculation
- ▶ warm air temperature $\leq 65^{\circ}\text{C}$
- ▶ seven-day drying cycle (optimal use of low-temperature energy sources)
- ▶ energy recovery via a condensing heat exchanger in the dryer
- ▶ solar-energy capture through a transparent dryer roof

The specified sustainability of investment made it necessary to concentrate the resources on the dryer structure and dryer cars. Based on the decision in favour of a seven-day drying cycle, the dryer's area was designed to hold five days' production of 38 000 bricks each. In all, the dryer now has six drying tracks and one return track. On a length of 120 m (15 m wide and 1.80 m high) there are a total of 396 dryer cars inside the dryer. From the process-engineering standpoint, the dryer comprises three tunnels with two tracks each, all operating independently of each other (separate warm air supply and moist air expulsion).

Special importance was attached to excellent insulation of the dryer structure. This was greatly facilitated by the topography



Seitenansicht des Hoffmann-Ofens
Side view of the Hoffmann kiln

Die Ziegel kommen mit einem Gewicht von ca. 3 kg und 25 % Feuchte in den Trockner und verlassen ihn mit einer mittleren Restfeuchte $\leq 2,0$ %.

Über die genannten Maßnahmen zur Energieeinsparung war auch der Einsatz eines Polycarbonat-Paneeldaches zur Sonnenenergienutzung geplant. Auf Grund der großen zur Verfügung stehenden Fläche und der heute erhältlichen Mehrkammerplatten mit günstigem Wärmeisolationswert schien diese Lösung technisch und wirtschaftlich sehr interessant. Bedauerlicherweise scheiterte die wirtschaftliche Umsetzung an den sehr hohen Kosten der Befestigungssysteme.

3.2.1 Energieversorgung Trockner

Der Trockner wird mit Luft aus dem Raum über dem Hoffmannofen versorgt. Diese Luft wird zum Teil über eine indirekte Energierückgewinnung in der Ofendecke und dem Ofenboden erwärmt. Bei einer Umgebungstemperatur von 0°C kann somit eine Eingangstemperatur in die Mischkammer zwischen 35°C und 50°C, je nach Ort des Feuers im Ofen, erreicht werden.

Neben dieser zentralen Energiequelle „Ofen“ ist in der Mischkammer ein Brenner für das Aufheizen auf heute 60°C Warmlufttemperatur integriert.

Über eine Gasturbine mit einer Gesamtleistung von 100 kW werden ca. 25 kW Strom und 75 kW Abwärme erzeugt, die ebenfalls direkt in die Mischkammer eingespeist wird. Der Trockner besitzt einen geschätzten Wärmeenergieverbrauch von 6,5 GWh/Jahr (ca. 18 000 kWh/Tag). Die aktuellen Energieverbrauchs-„Winter“-Werte (Dezember bis Februar) im laufenden Betrieb sind:

- ▶ Stromverbrauch Ziegeltransfer: 136 kWh/Tag
- ▶ Stromverbrauch Trockner: 1 800 kWh/Tag
- ▶ Gasverbrauch Trockner: 7 200 kWh/Tag
- ▶ Luftmenge Warmluft: 35 000 bis 45 000 kg/h
- ▶ Luftmenge „Kondensation“: 15 000 bis 20 000 kg/h

Es kann also davon ausgegangen werden, dass im Jahresmittel ca. 70% der Wärmeenergie aus kostenlosen Niedrigtemperaturquellen bezogen werden können.

Die Zielsetzung, die beschriebenen Maßnahmen mit einem Gesamtenergieverbrauch von weniger als 100 000 €/Jahr zu realisieren, wird also deutlich unterschritten werden.

4 Zusammenfassung

Dank der hervorragenden und vertrauensvollen Zusammenar-

of the premises, since 80% of the dryer is now “underground”, meaning that the ground itself joins the concrete and insulating material to further improve the dryer’s thermal insulation. Indeed, the overall structure has a U-value of less than 0.1.

Air recirculation within the dryer is provided by 18 traveling fans per tunnel that move in together over the dryer exit via a hydraulic cylinder (5.5 m stroke). With a view to enabling maintenance of the air recirculating equipment, the various fan carriages are interconnected such that they can be moved out at the exit end of the tunnel.

A 700-m² heat exchanger consisting of tubing mounted on the wall dryer is integrated into the moisture-saturated-air region of the dryer. It serves to warm up the incoming fresh air, hence recovering the energy of condensation in cold weather. The condensate drains are channeled off. This system also enables simultaneous adjustment of the desired exhaust-air temperature and moisture level.

Thanks to the 7-day drying cycle, the dryer’s control system is very easy to manage – with the warm-air temperature and flow rate, plus the wet-air flow rate and condensation-air flow rate serving as the actuating variables. In actual practice, this simple approach has proved to work very well, and the settings would only have to be changed in response to a sustained disruption of production.

Entering the dryer, each brick weighs approx. 3 kg and contains 25% moisture. At the other end, they have a mean residual moisture content of ≤ 2.0 %.

In addition to the aforementioned energy-conservation measures, the original plans also included installation of a polycarbonate-panel roof to help exploit the available solar energy. Considering the large target area and the availability of multi-chamber panels with good thermal insulation behaviour, this approach appeared very promising both technically and economically. Unfortunately, however, the mounting systems were prohibitively expensive, making the entire option dis-economical.

3.2.1 Dryer energy supply

The dryer takes its air from the space above the Hoffmann kiln. That air is partially preheated via indirect energy recovery in the kiln’s roof and sole. Hence, for an ambient temperature of 0°C, the air entering the mixing chamber can have a temperature of somewhere between 35°C and 50°C, depending on where combustion is momentarily taking place within the kiln. In addition to the kiln as a “central source of energy”, the mixing chamber now has an integrated burner for raising the warm air temperature to 60°C.

A gas turbine with a total output of 100 kW generates roughly 25 kW electricity and 75 kW exhaust heat. The latter is injected directly into the mixing chamber. The dryer consumes thermal energy at an estimated rate of 6.5 GWh/a (or roughly 18 000 kWh/d). The current “winter” data for day-to-day operations in the months of December through February read:

- ▶ current consumption for brick transfer: 136 kWh/d
- ▶ current consumption for drying: 1 800 kWh/d
- ▶ gas consumption for drying: 7 200 kWh/d
- ▶ warm-air flow rate: 35 000 to 45 000 kg/h
- ▶ “condensation” air flow rate: 15 000 to 20 000 kg/h

We may therefore contend that, on a yearly average, some 70% of the facility’s thermal energy can be obtained from free low-temperature sources.

beit von BdN und Thermoplan ist es gelungen, ein hochinnovatives und einmaliges Projekt zu realisieren, das aus heutiger Sicht alle Planungserwartungen weit übertrifft. Dabei sind viele sowohl mechanische als auch verfahrenstechnische Detaillösungen entstanden, die in Zukunft von beiden Seiten genutzt werden können.



Blick in den Ofen nach dem Brand
A look into the kiln after firing

Das Werk läuft nun bereits mehrere Monate mit Solleistung und -qualität. Auch die sehr große Umstellung für das Betriebspersonal konnte erfolgreich gemeistert werden. Herzlichen Dank an BdN für das sehr große Vertrauen in Thermoplan.

That being so, the aim of keeping the total energy consumption costs to less than 100 000 €/a by way of the described measures is being significantly more than met.

4 Summary

Thanks to outstanding good-faith cooperation between BdN and Thermoplan, this highly innovative, unique project has been so successfully implemented, that all planning targets appear to have been surpassed by far. Numerous mechanical and process-related detail solutions emerged – solutions that will benefit both sides in the future.

The plant has been in operation at design output and quality for several

months now, and the operating personnel have managed to master what for them amounted to a major readjustment. Many thanks to BdN for all the trust they invested in Thermoplan.



Thermoplan Datenerfassung und Energieoptimierung GmbH
 Gollierstraße 70
 D-80339 München
 Tel.: +49/89 50 03 17-0
 Fax: +49/89 50 03 17-19
 info@thermoplan.de
 www.thermoplan.de