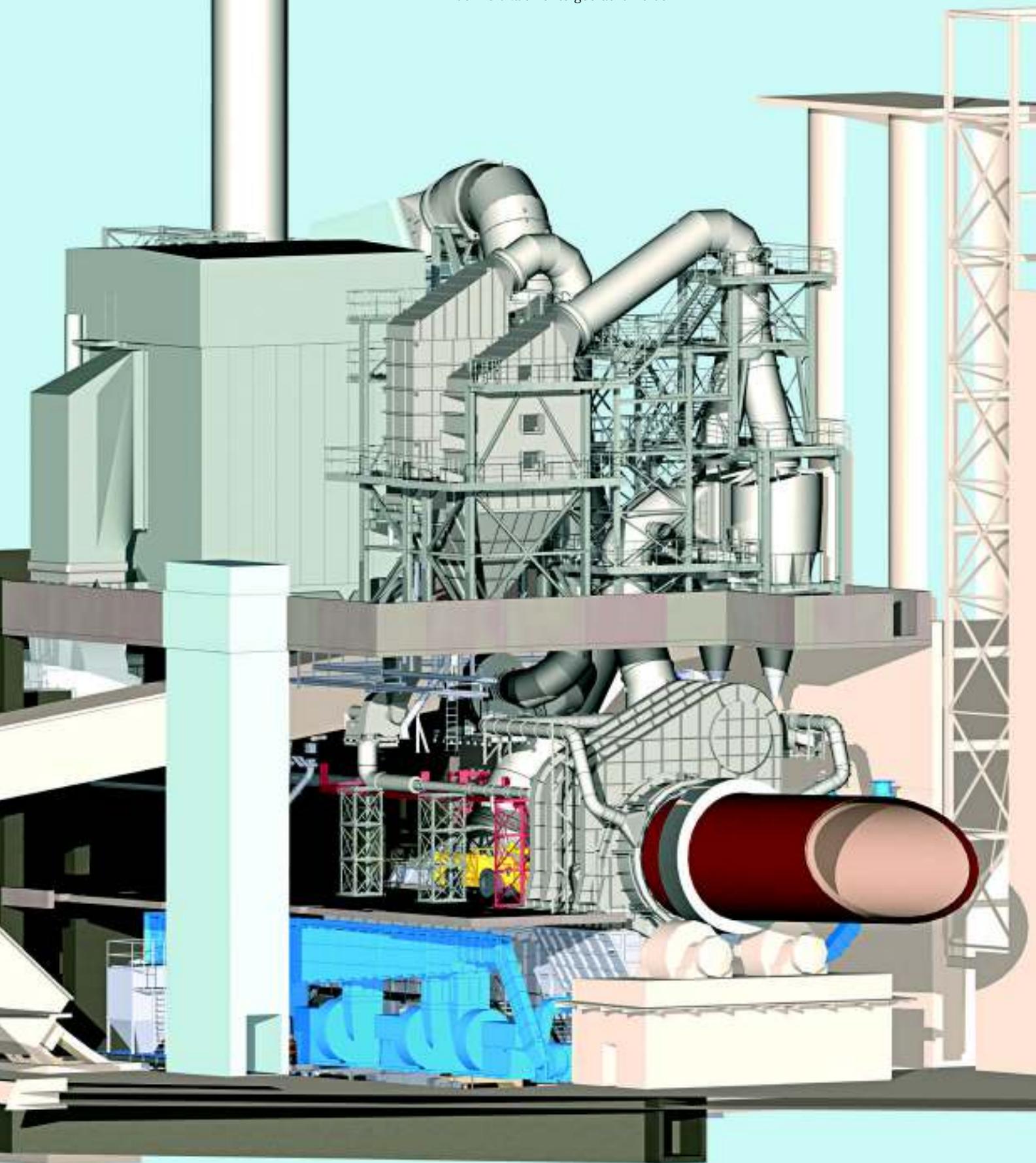


1 3D Planning – cross section. The heat transfer system is located on the topmost platform. The entire plant could only be placed by stacking in the vertical direction

3D-Planung – Querschnitt. Wärmeverschiebeanlage auf der obersten Bühne. Die gesamte Technik konnte nur durch Stapeln in der Vertikalen untergebracht werden



Within the scope of a project subsidised by the German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU), the kiln system at the Rohrdorf cement plant was modernised. A waste heat recovery system was among. Extraction of the mid-air from the grate cooler results in a further reduction of heat loss and an increased degree of heat recuperation.

TEXT Dr.-Ing. Helmut Leibinger¹, Olaf Windmöller², Jörg Hammerich²

Im Rahmen eines vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) geförderten Projektes wurde die Ofenanlage in Rohrdorf modernisiert und u. a. mit einer Anlage zur Abwärmenutzung ausgerüstet. Durch den Abzug der Mittenluft aus dem Rostkühler wird der Wärmeverlust weiter verringert und der Rekuperationsgrad gesteigert.

ROHRDORFER ZEMENT/IKN

Fit for the future Bereit für die Zukunft

1 Introduction

At the end of a two-year planning and construction period, SPZ recommissioned its comprehensively modernised kiln system in spring 2011. With the installation of the world's first "Low-Dust" Selective Catalytic Reduction (SCR) denitrification system downstream of a cement plant's preheater tower, the modification of the rotary kiln and replacement of the old planetary cooler with an IKN grate cooler, the Rohrdorf kiln system is now one of the most modern in the world. A special feature of technological alliance is a heat transfer system that transports waste heat from the clinker cooler to the exhaust gas catalytic reactor (Fig. 1).

This new plant technology has been subsidised under the Environmental Innovation Programme of the BMU and as a demonstration project to set the trend for the entire cement industry. Parallel to this project, further thermal utilisation systems – in particular a steam power plant using steam produced from waste heat – are presently under construction.

2 Project profile

- » Client: Südbayerisches Portland Zementwerk Gebrüder Wiesböck & Co. GmbH (SPZ)
- » General plant engineering and construction contractor: IKN GmbH
- » Contract award: 14.01.2010
- » Main erection period: 03.01.2011 to 27.02.2011 (55 days)
- » Commissioning: 11.03.2011
- » Scope of order: Engineering, supply and installation
- » IKN services:
 - Replacing the planetary cooler with an IKN grate cooler

1 Einleitung

Nach einer zweijährigen Planungs- und Bauzeit hat Rohrdorfer Zement im Frühjahr 2011 seine grundlegend modernisierte Ofenanlage wieder in Betrieb genommen. Mit der Installation der weltweit ersten katalytischen „Low-Dust“-SCR-Entstickungsanlage hinter dem Wärmetauschersturm eines Zementwerks, dem Umbau des Drehrohrofens und dem Ersatz des alten Satellitenkühlers durch einen IKN-Rostkühler ist die Rohrdorfer Ofenanlage jetzt eine der modernsten weltweit. Ein besonderes Merkmal in diesem Technikverbund stellt die Wärmeverschiebeanlage dar, die Abwärme des Klinkerkühlers zum Abgaskatalysator transferiert (Bild 1).

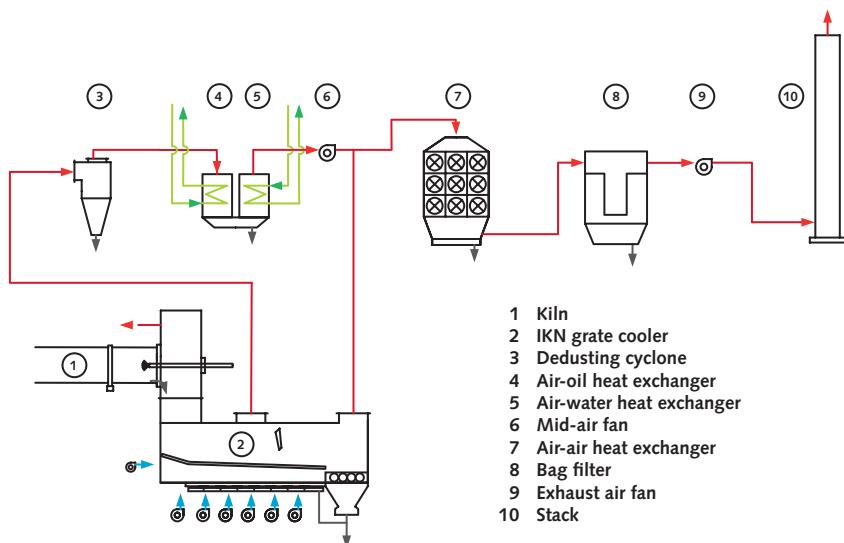
Diese neue Anlagentechnik wird aus dem Umweltinnovationsprogramm des BMU gefördert und ist als Demonstrationsvorhaben richtungweisend für die gesamte Zementindustrie. Parallel zu diesem Vorhaben werden noch weitere wärmetechnische Anlagen – insbesondere ein abwärmebeheiztes Dampfkraftwerk zur Elektrizitätserzeugung – errichtet.

2 Steckbrief

- » Auftraggeber: Südbayerisches Portland Zementwerk Gebrüder Wiesböck & Co. GmbH (SPZ)
- » Generalunternehmer Anlagenbau: IKN GmbH
- » Auftragserteilung: 14.01.2010
- » Hauptmontage: 03.01. bis 27.02.2011 (55 Tage)
- » Inbetriebnahme: 11.03.2011
- » Auftragsumfang: Planung, Lieferung und Montage
- » Leistungen IKN:
 - Austausch des Satellitenkühlers durch einen IKN Rostkühler
 - Neubau des Ofenkopfes mit Ofenauslaufschuss
 - Neubau des Kühlergebäudes (Stahlhochbau)

¹ Südbayerisches Portland Zementwerk Gebrüder Wiesböck & Co. GmbH, Rohrdorf/Germany

² IKN GmbH, Neustadt/Germany



- 1 Kiln
- 2 IKN grate cooler
- 3 Dedusting cyclone
- 4 Air-oil heat exchanger
- 5 Air-water heat exchanger
- 6 Mid-air fan
- 7 Air-air heat exchanger
- 8 Bag filter
- 9 Exhaust air fan
- 10 Stack

2 Plant concept

Anlagenkonzept

- Construction of a new kiln hood with kiln outlet section
- Construction of a new cooler building
- Construction of the mid-air and exhaust air ducts
- Construction of a new dedusting cyclone
- Installation of the heat transfer system
- Installation of the air-air heat exchanger
- Installation of the bag filter
- Construction of new mid-air and exhaust air fans
- Construction of a new stack

Parallel to the work described above, SPZ carried out an extensive kiln reconstruction programme. This consist-

- Neubau der Mitten- und Abluftleitungen
- Neubau von Staubabscheide-Zyklen
- Montage des Luft/Öl-Wärmetauschers der Wärmeverschiebeanlage
- Montage des Luft-Luft-Wärmetauschers
- Montage des Schlauchfilters
- Neubau der Mitten- und Abluftventilatoren
- Neubau des Kamins

Parallel zu den hier beschriebenen Arbeiten wurden seitens SPZ umfangreiche Umbaumaßnahmen am Ofen vorgenommen. Hierbei sind unter anderem der Laufring und die Laufrollen bei Station II ersetzt sowie ein neuer Ofenantrieb einschließlich Zahnkranz und Getriebe bei Station I installiert worden. Hinzu kam der Einbau eines neuen Hauptbrenners innerhalb einer ertüchtigten Brennerperipherie. Des Weiteren wurden umfangreiche Betonsanierungsarbeiten ausgeführt.

3 Anlagenkonzept

Klinker-Kühler mit vielfältiger Wärmennutzung

Das mit den Umbaumaßnahmen verfolgte Konzept sah neben den üblichen Energieeinsparungen durch den neuen IKN Rostkühler eine vielfältige Nutzung der zur Verfügung stehenden Wärme vor (**Bild 2**).

Im konventionellen Prozess der Zementherstellung rekuperiert der Rostkühler ca. 75 % der Wärme des ofenfallenden Klinkers. Der größte Teil hiervon dient dabei der Vorwärmung der Verbrennungsluft – als Sekundärluft am Ofenbrenner und als Tertiärluft im Kalzinator. In Rohrdorf wurde der Ofenkopf bereits so dimensioniert, dass hier nach einem späteren Umbau der Ofenanlage auf Kalzinatorbetrieb die benötigte Tertiärluft abgezogen



3 The heat exchangers for the waste heat power plant and the SCR plant are mounted and connected

Die Wärmetauscher für das Abwärmedampfkraftwerk und die SCR-Anlage sind montiert und verrohrt

ed of replacing the kiln tyre and the supporting rollers of pier II and installing a new kiln drive system including girth gear and gear unit at pier I. Furthermore, extensive concrete refurbishment work was executed and a new main burner was installed with its peripheral area having been optimized.

3 System concept

Clinker cooler with a range of options for heat recovery
The reconstruction concept was intended not only to achieve the usual energy savings through installation of the new IKN grate cooler but also to enable various options for the utilisation of the available heat (Fig. 2).

In the conventional cement manufacturing process the grate cooler recuperates approximately 75 % of the heat from the clinker leaving the kiln. The largest portion of the recovered heat is used to preheat the combustion air: as secondary air for the main burner and as tertiary air for the calciner. In Rohrdorf, the kiln hood was dimensioned to permit extraction of tertiary air from the hood in the event of a future kiln system modification to operation with a precalciner. The prepared openings have been initially closed off with blanking plates. To cool the clinker to 65 °C, more air is required than can be extracted for the pyroprocess. Usually, the surplus air is drawn from the clinker cooler as exhaust air and, with a high percentage of waste heat, cooled and released into the atmosphere via a filter.

To reduce the heat loss through the cooler exhaust air, the so-called mid-air is first extracted from the Rohrdorf clinker cooler. This involves removing the air, at a temperature of more than 400 °C, from the first half of the cooler and using it elsewhere in the process chain. In other plants this hot exhaust air is generally taken for drying various raw materials needed for the cement manufacture, e.g. slag. In the development and demonstration project realised at SPZ, a different and exergetic approach was chosen for the energy utilisation of this air stream, which nevertheless corresponds to a heat flow of 6 MW_{therm} (Fig. 3). The air coming from the mid-air extraction point at a temperature of approximately 450 °C is initially dedusted in a double cyclone and then passed through an air-oil heat exchanger operated with thermal oil. This is part of the heat transfer system which heats the catalytic reactor in the SCR exhaust gas purification plant. The stream of exhaust gas is cooled to 260 °C and then flows through an air-water heat exchanger. This serves as a feed water preheater for a steam turbine. Once cooled to 110 °C, the air is subsequently delivered by a mid-air fan, together with the remaining cooler exhaust air, to a bag filter. As a safety precaution, an air-air heat exchanger is installed upstream of the filter to prevent the bags from being burnt in the event of any exceptional operational conditions.

4 Planning in 3D

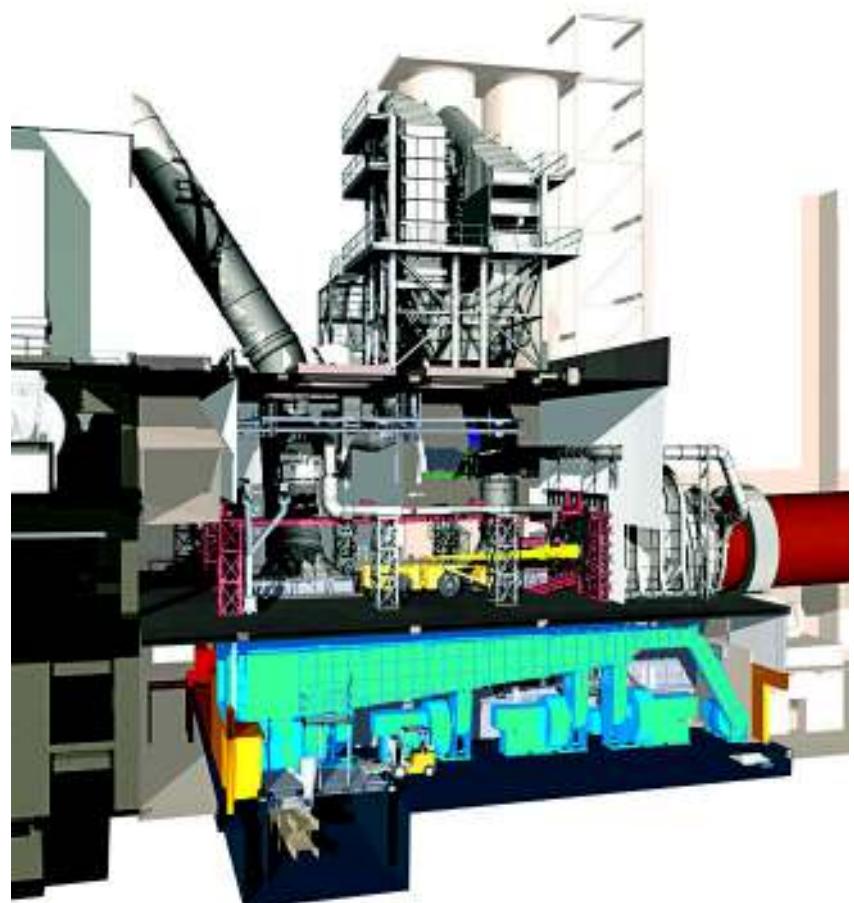
At a very early stage in the project planning, during the quotation phase, it quickly became apparent that space limitations in the existing plant in Rohrdorf would make classical 2D design almost impossible, or would at least be unsuitable to guarantee the degree of safety

werden kann – die vorbereiteten Öffnungen wurden mit einer Blindplatte vorerst verschlossen. Zur Abkühlung des Klinkers auf 65 °C wird mehr Luft benötigt als der Pyroprozess abnehmen kann. Die überschüssige Luftmenge wird in der Regel in Form von Abluft mit einem nicht unerheblichen Abgaswärmestrom aus dem Klinkerkühler abgezogen, abgekühlt und über einen Filter an die Umgebung abgegeben.

Um diese Wärmeverluste über die Kühleraluft zu reduzieren, wird dem Klinkerkühler in Rohrdorf zuerst die sogenannte Mittenluft entnommen. Dabei entzieht man in der vorderen Hälfte des Kühlers mehr als 400 °C heiße Luft und führt sie einer weiteren thermischen Nutzung zu. In anderen Werken findet diese heiße Abluft häufig Verwendung für Trocknungszwecke verschiedener im Zementwerk benötigter Rohmaterialien, z.B. für Schlacke. Im Rahmen der Demonstrationsanlagen bei Rohrdorfer Zement wurde ein anderer, exergetischer Ansatz für die Nutzung dieses Luftstroms gewählt, der immerhin einem Wärmestrom von 6 MW_{therm} entspricht (Bild 3). Vom Mittenluftabzug kommend wird die ca. 450 °C heiße Luft in einem Doppelzyklon vorentstaubt, danach durchströmt sie einen mit Thermo-Öl betriebenen Luft-/Ölwärmetauscher. Dieser dient als Teil der Wärmeverschiebeanlage der Beheizung des Katalysators der SCR-Abgasreinigungsanlage. Der Mittenluftstrom erfährt hier eine Abkühlung auf 260 °C und strömt anschließend in einen Luft-/Wasserwärmetauscher, der wiederum Speisewasser für den Dampfturbinenkreislauf vorwärmst. Nachdem die Luft auf 110 °C gekühlt wurde, wird sie anschließend von einem Mittenluft-Ventilator gemeinsam mit der verbleibenden

4 3D planning – Cross section through the clinker cooler building

3D-Planung – Längsschnitt durch das Klinkerkühler-Gebäude.



and reliability required required when planning such a complex system.

At the start of detail engineering, a 3D laser scan of the existing kiln system and the adjacent areas affected by the planning was carried out. The data obtained was compared with already available 3D measurements made by SPZ in order to establish a common database ([Fig. 4](#)).

The CAD system, Autodesk Inventor, is used as a standard tool by both SPZ and IKN. However, construction engineering was carried out using Allplan and Bocad. As no satisfactory conversion tools were available at that time, data exchange tended to be a specific challenge.

The amount of work involved in the constant maintenance of a consistent, continuously growing data model of the overall project was considerable. The demands imposed by the software on the PC workstations of the planning staff constantly increased – up to the point where hardware and software had to be upgraded twice in the course of the project: Windows XP – Vista – Windows 7 were the milestones here.

Nevertheless, due to effective teamwork and a regular exchange of information, the construction engineers, system planners and general planners achieved a satisfactory solution ([Fig. 5](#)).

5 Special concepts

5.1 Clinker cooler

Modernisation projects to replace planetary coolers with grate coolers are usually characterised by very restricted space conditions. The new cooler had to be set up

Kühlerabluft einem Schlauchfilter zugeführt, dem zur Sicherheit noch ein Luft/Luft-Wärmetauscher vorgeschaltet ist. In Ausnahmefällen schützt dieser Notkühler die Schläuche vor dem Verbrennen.

4 Planung in 3D

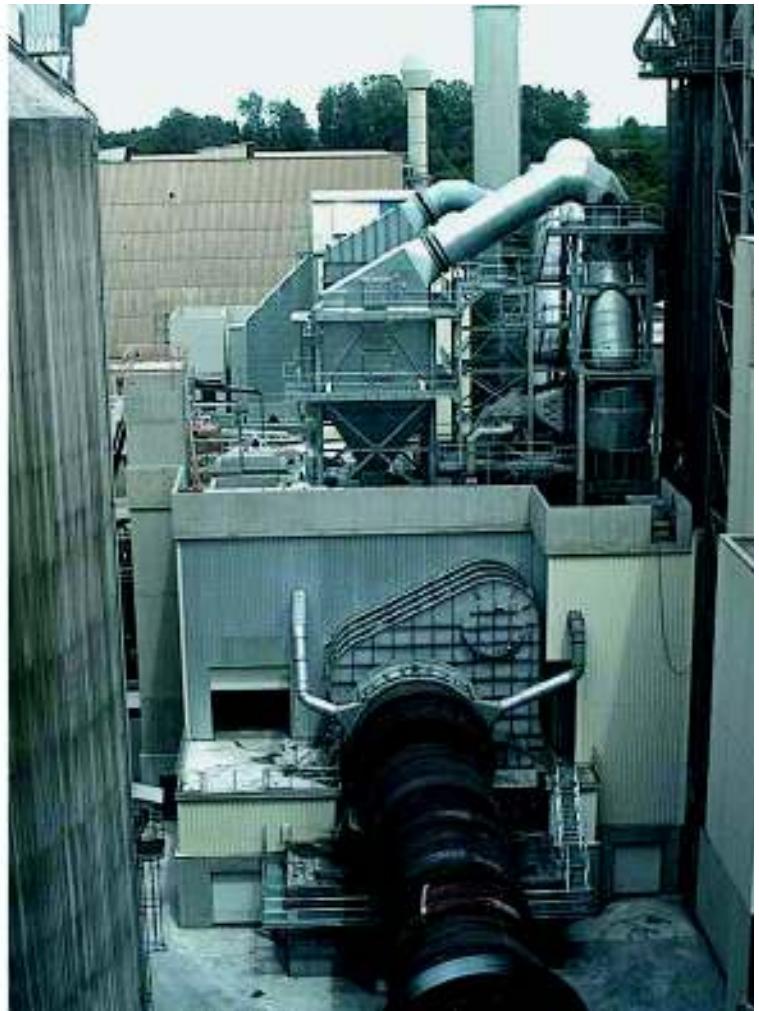
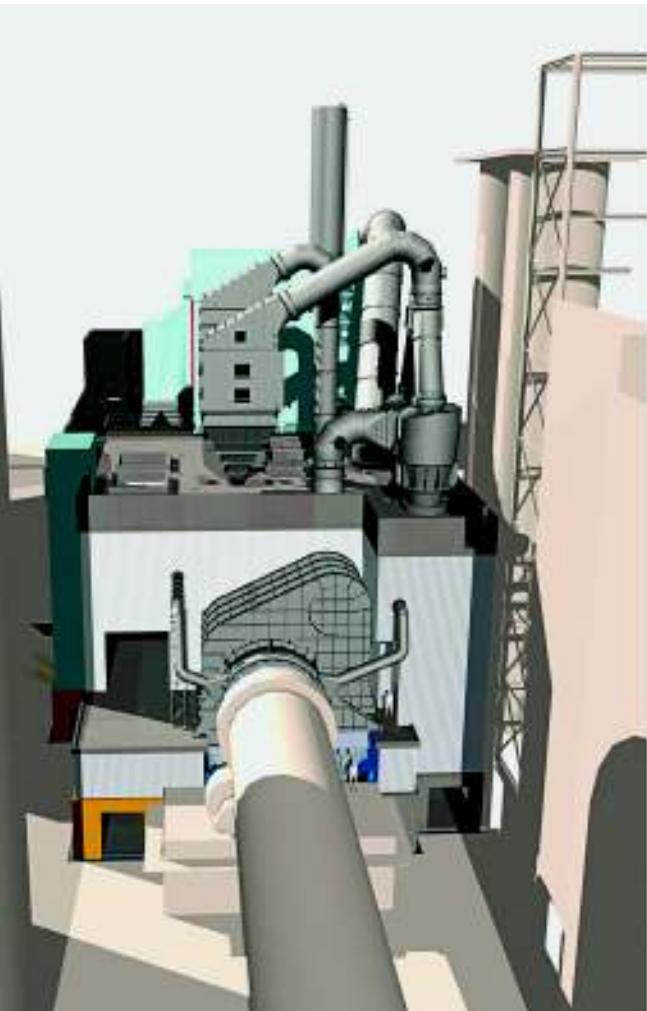
Bereits in der Vorplanung, also noch während der Angebotsphase, wurde schnell klar, dass aufgrund der begrenzten räumlichen Situation der Bestandsanlage in Rohrdorf eine „klassische“ Planung im 2D-Bereich kaum möglich sein würde, bzw. nicht die nötige Sicherheit und Zuverlässigkeit für eine derartig komplexe Anlage bieten könnte.

Somit begann die Detailplanung mit einer 3D-Laserscan-Aufnahme der vorhandenen Ofenanlage und der umliegenden, von der Planung betroffenen Bereiche. Diese Daten wurden mit den schon vorhandenen 3D-Aufmaßen von Rohrdorfer Zement abgeglichen, um eine gemeinsame Datenbasis festzulegen ([Bild 4](#)).

Als CAD-Software wurde auf Autodesk Inventor zurückgegriffen, das sowohl bei Rohrdorfer Zement als auch bei IKN als Standardprogramm benutzt wird. Im Gegensatz hierzu erfolgte die Bauplanung mit Allplan bzw. Bocad. Da hierfür noch keine sicheren Konvertierungswerzeuge zur Verfügung standen, erwies sich der Datenaustausch teilweise als besondere Herausforderung.

Der Aufwand für die ständige Anpassung eines konsistenten, stetig wachsenden Datenmodells der Gesamtanlage war erheblich. Damit einher gingen kontinuierlich steigende Ansprüche der Software an die PC-Workstations, die bei den Generalplanern im Laufe des Projektes sogar zweimal ausgetauscht wurden: Windows XP – Vista – Windows 7 waren hier die Meilensteine. Dennoch gelang

5 3D planning – plan and realization (right)
3D-Planung – Plan und Realisierung (rechts)



between kiln foundations #3 and #4 of the existing kiln system and connected to the existing clinker conveying equipment in order to minimise the time needed for conversion work. Dimensions of grate coolers installed in this way are usually outside the normal length to width ratio. In Rohrdorf the grate is 5.6 m wide, and is dimensioned for a maximum future production rate of 4000 t/d. Fortunately, the existing planetary cooler was installed relatively high, so that only a small amount of excavation work was to be done for the new grate cooler. The housing of this cooler stands directly on new foundation strips. Two flat parallel tube chain conveyors were installed between the foundations. It was therefore possible to carry out all necessary excavation and foundation construction work without interrupting the kiln system operation.

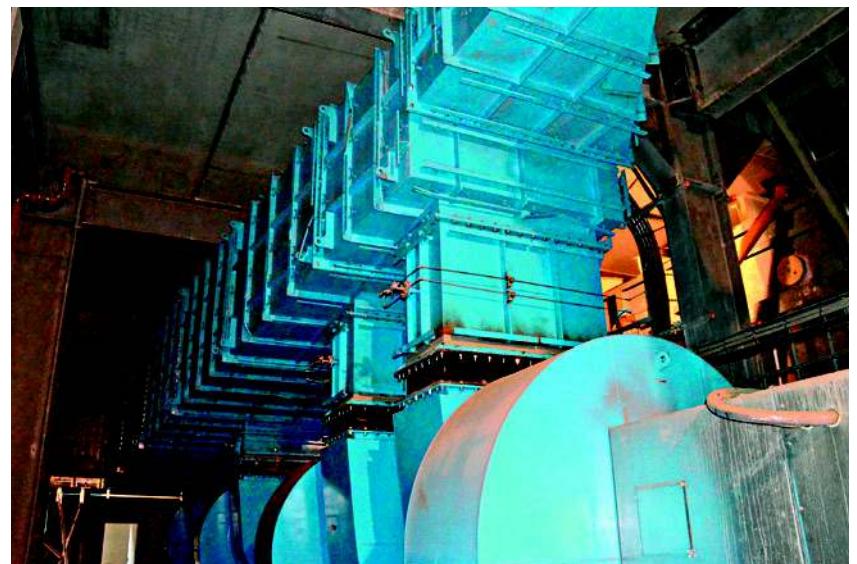
The other essential peripheral conditions for the engineering and design of the clinker cooler were defined by the required heat utilisation possibilities: secondary air for the kiln inlet burner, tertiary air for the future precalcination system, mid-air for the heat transfer system and feed water preheating, as well as achieving an exhaust air temperature that is as low as possible. In the cooler, one movable heat shield was installed above the grate to separate the different hot zones and permit regulation of the air flow rates to the individual extraction points.

5.2 Air suction duct

As the cement plant is situated close to the village of Rohrdorf, high priority was placed in the planning phase on minimising noise emission. Prior to starting the project SPZ carried out a survey in order to ensure that the planned modernisation reduced noise emission levels to the absolute minimum. To meet this objective and to avoid unnecessary duct penetration through the cooler building, a common air suction duct fitted with a silencer was planned in co-operation with Reitz GmbH for the fans on the west side of the cooler (Fig. 6). The suction port for this duct was integrated into the passage between cooler and filter building. After three months of operation it can be stated that practically no noise emissions from the fans can be heard outside the cooler building. Furthermore, as the duct is suspended beneath the burner platform and there was no need to install silencers at the individual fans, accessibility to the cooler has been significantly improved. This suction concept has the additional benefit that clean, dust free air is always drawn in.

5.3 Stack

The original plan envisaged erecting a stack with a diameter of 2700 mm preceded by a silencer in the duct. However, in the course of planning it became apparent that the existing stack of the oil furnace burner in the immediate vicinity of the cooler was in urgent need of repair. In keeping with the solution-oriented project philosophy it was decided that the old stack should be demolished and replaced by an additional tube in the new exhaust air stack. During project planning it also became clear that in the future an additional heat



den Bau-, Fach- und Generalplanern durch eine kooperative Arbeitsweise und regelmäßigen Informationsaustausch eine zufriedenstellende Lösung (Bild 5).

5 Spezielle Konzepte

5.1 Klinkerkühler

Umbauprojekte von Satelliten- in Rostkühler sind meist durch sehr begrenzte räumliche Verhältnisse geprägt. Der neue Kühler musste zwischen den Ofenfundamenten #3 und #4 der vorhandenen Ofenanlage aufgebaut und an den vorhandenen Klinkertransport angeschlossen werden, um die Umbauzeiten so kurz wie möglich halten zu können. Damit entstehen meist Rostkühler außerhalb der üblicherweise gewohnten Längen/Breitenverhältnisse. In Rohrdorf ist der Rost für eine zukünftige maximale Produktionsmenge von 4000 t/d in einer Breite von 5,6 m ausgeführt worden. Glücklicherweise war der vorhandene Satellitenkühler relativ hoch aufgelegt, so dass für den neuen Rostkühler nur geringfügige Aushubarbeiten erforderlich waren. Das Gehäuse des Kühlers steht direkt auf neuen Fundamentstreifen. Zwischen diesen wurden nur noch zwei flach bauende, parallele Rohrkettenförderer angeordnet. Alle notwendigen Aushub- und Fundamentarbeiten konnten so bereits bei laufendem Betrieb der Ofenanlage durchgeführt werden.

Die weiteren wesentlichen Randbedingungen für die Konstruktion des Klinkerkühlers lieferten die geforderten Wärmenutzungsmöglichkeiten: Sekundär Luft für den Ofenbrenner, Tertiär Luft für die zukünftige Vorkalzineranlage, Mittenluft für die Wärmeverschiebeanlage und die Speisewasservorwärmung sowie möglichst kalte Abluft. Im Kühler selbst wurde oberhalb des Rostes ein bewegliches Hitzeschilde vorgesehen, um die unterschiedlich heißen Zonen klar zu separieren und die Luftpunktmengen zu den verschiedenen Entnahmestellen regeln zu können.

5.2 Ansaugkanal

Aufgrund der Nähe des Zementwerkes zum Ort Rohrdorf ist bei der Planung größter Wert auf möglichst geringe Schallemissionen gelegt worden. Im Vorfeld wurde dabei von Rohrdorfer Zement ein Geräuschkataster als Planungsgrundlage angelegt. Diesem Ansatz folgend und um

6 The central air suction duct on the grate cooler with integrated silencer for the cooling fans

Zentraler Ansaugkanal am Rostkühler mit integriertem Schalldämpfer für die Kühleregelbläse

exchanger between the exhaust air fan and the stack would be desirable. To allow for this possibility, the silencer was not mounted in the duct but integrated into the stack. The installed stack had a final diameter of 3200 mm and includes a baffle-type silencer and a DN400 stainless steel tube.

5.4 Swivel loader

In addition to the “normal” demands imposed by process and plant assembly on the structural design, the “Paus” swivel loader used by SPZ also had to be regarded in the planning stage. This type of swivel loader was originally designed for the mining industry, but is mainly used by SPZ for work on the refractory brick lining of the kiln. First, the large vertical loads imposed by this machine had to be taken into account in the structural dimensioning of the burner platform. Second, the possibility of a vehicle impact had to be considered. To ensure optimum planning and trouble-free construction, a customized concept was developed at an early stage and agreed with the inspecting structural engineer. The fundamental point was to prevent a collision of the vehicle with the building supports and consequent failure of the structure. To achieve this, latticework was installed in the working area of the loader to act as a crumple zone in the case of a collision and to reduce the impact energy to an acceptable level (Fig. 7).

As the loader is to be used for transporting refractory bricks from the burner platform into the kiln, a suitable

unnötige Durchdringungen des Kühlergebäudes zu vermeiden, wurde zusammen mit der Firma Reitz für die Ventilatoren westlich des Kühlers ein gemeinsamer Ansaugkanal mit eingebautem Schalldämpfer geplant (Bild 6). Die Ansaugöffnung des Kanals wurde in die Durchfahrt zwischen Kühler- und Filtergebäude integriert. Nach dreimonatigem Betrieb kann festgestellt werden, dass außerhalb des Kühlergebäudes praktisch keine Schallemissionen der Gebläse wahrnehmbar sind. Da der Kanal unter der Brennerbühne abgehängt wurde und die Schalldämpfer der einzelnen Ventilatoren entfallen sind, ist zudem die Zugänglichkeit auf Kühlerebene deutlich verbessert worden. Dieses Ansaugkonzept bietet den zusätzlichen Vorteil, dass stets saubere, staubfreie Luft eingezogen wird.

5.3 Kamin

Das ursprüngliche Vorhaben sah die Errichtung eines Kamins mit einem Durchmesser von 2700 mm mit einem in der Rohrleitung vorgeschalteten Schalldämpfer vor. Während der Planungsphase zeigte sich schon sehr bald, dass der in unmittelbarer Nähe bestehende Kamin des Ölkelbrenners stark sanierungsbedürftig war. Der lösungsorientierten Projektphilosophie folgend wurde beschlossen, den alten Kamin rückzubauen und ein zusätzliches Rohr in den neuen Abluftkamin zu integrieren. Im Zuge der Projektierung wurde weiterhin deutlich, dass zu einem späteren Zeitpunkt ein weiterer Wärmetauscher zwischen Abluftventilator und Kamin wünschenswert sei. Um diese Möglichkeit aufrecht zu erhalten, wurde der Schalldämpf-

7 The new burner platform with a view towards the burner/kiln hood

Die neue Brennerbühne mit Blick in Richtung Brenner/Ofenkopf



design for a kiln hood bridge became also necessary. In view of the large loads it was evident that a standard solution could not be applied. IKN therefore designed a steel bridge being dismantlable. It has guide wheels and railings and can be easily installed and removed with the aid of the burner carriage. The bridge was manufactured by a local company on the basis of IKN workshop drawings.

5.5 Refractory lining concept

The refractory lining concept had two main objectives:

- A top-quality solution and
- the shortest-possible installation time.

The concept developed also demonstrated the close and forward looking working relationship between SPZ and IKN. As early as February 2010, IKN invited selected suppliers to technical discussions at SPZ. On the basis of this exchange of experience and the subsequent evaluations, the order was quickly awarded to Refratechnik GmbH of Göttingen. In further discussions between SPZ, IKN and Refratechnik the final solution described here was developed.

The side walls of the cooler were delivered by the steel fabricator directly to the refractory lining installation company, where they were completely casted under workshop conditions. This had two advantages, it achieved an outstanding lining quality and also significantly reduced onsite work in Rohrdorf. Completed panels were delivered there shortly before the assembly date reducing their storage time on site. The cooler banquets were refractory lined by the jetcast process after the cooler housing had been assembled. The ceiling lining is a conventional system brick solution.

The hot gas ducts were refractory lined as far as possible during preassembly on the construction site, so that it was only necessary to line the butt joint zones after installation. Whereas it was possible to install the refractory lining in the double cyclones while they were lying on the ground, for weight reason lining of the kiln hood by means of jetcasting had to wait until the hood had been installed in its final location.

6 Manufacturing

Construction projects in the cement industry are typified by intense cost pressure, resulting in plant engineering firms being forced to have their components manufactured in low-wage countries. Although SPZ was fully aware of this situation and imposed the same cost pressure, the contracts for this project expressly excluded manufacture in such countries as the company did not want to make any compromises regarding the quality of the supplied equipment.

IKN accepted this challenge. Since the plant design had already been completed in 3D systems, it was a logical step to design the individual parts in 3D as well. This provided an opportunity to utilise advanced manufacturing methods applied in the German automobile sector. Instead of using the classical method of manufacturing components by cutting and welding steel sections and plates, parts were laser-cut from steel plate and folded

fer aus der Leitung eliminiert und ebenfalls in den Kamin integriert. Zur Ausführung kam letztlich ein Kamin mit einem Durchmesser von 3200 mm mit eingebautem Kullenschalldämpfer und eingefügtem Kesselrohr DN 400 aus Edelstahl.

5.4 Schwenklader

Neben den „normalen“ betriebs- und montagebedingten Anforderungen an die Baukonstruktion musste der seitens Rohrdorfer Zement eingesetzte „Paus-Lader“ bei der Planung Berücksichtigung finden. Dieser für den Bergbau konzipierte Schwenklader wird von Rohrdorfer Zement vorwiegend für die Mauerungsarbeiten im Ofen eingesetzt. Zum einen war den hohen Vertikallasten dieses Gerätes bei der statischen Auslegung der Brennerbühne Rechnung zu tragen, zum anderen galt es, einen möglichen Fahrzeuganprall zu bedenken. Damit eine reibungslose Planung und Bauphase gewährleistet werden konnte, wurde frühzeitig ein passendes Konzept entwickelt und mit dem Prüfstatiker abgestimmt. Die grundlegende Idee hierbei war, einen Anprall an die Gebäudestützen und damit ein Versagen des Tragwerkes zu verhindern. Hierzu wurden im Arbeitsbereich des Laders Gitterkonstruktionen angebracht, die im Falle eines Anpralles als „Knautschzone“ die Anprallenergie auf ein verträgliches Maß reduzieren ([Bild 7](#)).

Da der Lader für den Transport der Feuerfeststeine von der Brennerbühne in den Ofen genutzt werden sollte, musste außerdem eine geeignete Konstruktion für eine Ofenkopfbrücke gefunden werden. Vor dem Hintergrund der hohen Lasten war klar, dass eine Standard-Lösung hier nicht angewandt werden konnte. Deshalb entwickelte IKN eine zerlegbare Stahlbrücke mit Radführung und Geländer, die mit Hilfe des Brennerwagens leicht ein- und ausbaubar ist. Die Fertigung erfolgte auf Grundlage der IKN-Werkstattzeichnungen bei einem örtlich ansässigen Unternehmen.

5.5 Feuerfest-Konzept

Bei der Konzeption der Feuerfestauskleidung standen zwei Ziele im Vordergrund:

- Die Lösung sollte qualitativ auf dem höchsten Niveau sein und
- die Montage musste in kürzester Zeit erfolgen.

Auch hier war die Lösungsfindung geprägt von einer vorausschauenden und partnerschaftlichen Zusammenarbeit zwischen Rohrdorfer Zement und IKN. So wurden von IKN im Februar 2010 ausgewählte Anbieter zu einem technischen Gespräch bei Rohrdorfer Zement eingeladen. Auf Grund dieses Erfahrungsaustausches und der anschließenden Bewertung ergab sich die zeitnahe Auftragsvergabe an die Firma Refratechnik GmbH aus Göttingen. In weiterer Detailabstimmung zwischen Rohrdorfer Zement, IKN und Refratechnik wurde folgende Lösung entwickelt:

Die Seitenwände des Kühlers wurden vom Stahlbauer direkt an die Feuerfest-Montagefirma geliefert. Dort konnten diese unter Werkstattbedingungen vollständig ausbetoniert werden. Dadurch ist einerseits eine hervorragende Qualität erzielt worden, andererseits hat dieses Konzept die Baustellenlogistik in Rohrdorf deutlich entlastet. Die

8 Time schedule

Terminplan



in a largely automated process. In this pilot project, said advanced manufacturing methods have produced high-quality components at competitive prices.

7 Assembly**7.1 General**

IKN were required to dismount the existing components and assemble the new equipment within a period of 55 days. This ambitious target demanded not only precise planning, but also excellent co-operation between all the companies and people involved (Fig. 8). The assembly concept was based on the principle of maximising the degree of completion during preassembly in order to minimise the amount of work required during the plant stoppage.

7.2 Initial situation

The Rohrdorfer cement plant is bounded to the south and west by mountain slopes and has expanded naturally during the preceding decades. As a result, the plant is not a classical cement production line with a straight flow of material from the quarry through the raw mill to the kiln and on to the clinker silo. The flow of material meanders through the plant entails a high building density on the site. For this reason it was not possible to use the frequent method of preassembling the clinker cooler parallel to its final installation position and later shifting it into place.

Figure 9 illustrates the initial situation in the direct vicinity of the future clinker cooler. It shows the old planetary cooler (a), the blending bed hall (b) and the coarse material conveyor belt (c). The coarse material conveyor belt runs right through the planned new building and had to remain in operation during the conversion work, which presented a particular challenge.

7.3 Construction site logistics

Due to the restricted space conditions in the immediate vicinity of the installation area, preassembly was, to a great degree, carried out south of the production plant. Special vehicles had to be used in some cases for trans-

fertigen Paneele wurden kurz vor der Montage in Rohrdorf angeliefert und mussten dort nur zwischengelagert werden. Die Kühlerbankette wurden im Jetcast-Verfahren nach der Montage des Kühlergehäuses hergestellt. Die Ausführung der Decke erfolgte als konventionelle Systemstein-Lösung.

Die Ausmauerung der Heißgasleitungen fand weitestgehend im Rahmen der Vormontage auf der Baustelle statt, so dass nach der Installation lediglich die Stoß-Fugen ausgekleidet werden mussten. Während die Doppelzykloone ebenfalls auf dem Boden liegend mit feuerfestem Material versehen wurden, konnte das Feuerfest im Ofenkopf aus Gewichtsgründen nur am endgültigen Einbauort im Jetcast-Verfahren hergestellt werden.

6 Fertigung

Die Bauprojekte in der Zementindustrie sind durch einen hohen Kostendruck gekennzeichnet, der den Anlagenbauer meist veranlasst, seine Bauteile in Niedriglohnländern herstellen zu lassen. Rohrdorfer Zement war sich dieser Situation bewusst, hatte aber bei gleichem Kostendruck diese Möglichkeit in den Verträgen ausdrücklich ausgeschlossen. Bei der Qualität der gelieferten Bauteile durften keine Kompromisse eingegangen werden.

Seitens IKN wurde diese Herausforderung angenommen. Die Anlagenkonstruktion wurde bereits in 3D-Systemen durchgeführt, so dass der Schritt zur 3D-Konstruktion der einzelnen Bauteile nahelag. Damit ergab sich die Möglichkeit auf die in Deutschland hochentwickelte Fertigungstechnik aus dem Automobilsektor zuzugreifen. Anstatt Stahlprofile und Bleche klassisch zu Bauteilen zu verschweißen, wurden diese jetzt unter Nutzung weitgehender Automatisierung per Laser aus Blechen geschnitten und gekantet. Auf diese Weise gelang es in diesem Pilotprojekt qualitativ hochwertige Teile zu wettbewerbsfähigen Kosten herzustellen.

7 Montage**7.1 Allgemein**

Die Demontage der bestehenden Komponenten und die Montage der neuen Ausrüstung mussten von IKN inner-

porting the preassembled components to the actual construction site (Fig. 10). Only the grate cooler substructure was preassembled next to the clinker crusher so that it could be hoisted into place as a complete unit (Fig. 11).

To implement this concept, a 350 t crawler crane was positioned west of the existing planetary cooler. Transportation to or from site of components to be hoisted took place in the corridor between the clinker silo and the rotary kiln. In the phase prior to plant stoppage, the crane was equipped with a 24 m main jib and a 42 m articulated jib to permit assembly of parts weighing up to 18 t in the area of the filter building. Before plant stoppage, the crane was converted to an articulated jib of 24 m, to ensure that sufficient hoisting capacity was available for the disassembly and installation of heavy plant components. After the upper part of the cooler building had been completed, further assembly work proceeded with the aid of mobile cranes.

7.4 Work prior to plant stoppage

Demolition of the burner platform and coal loading equipment

SPZ had already started with this work as early as May 2010, meaning about 7 months before the planned stoppage. The first step was the demolition of the existing burner platform together with roof, annex and the coal loading station.

Foundation work for the filter and cooler buildings

Parallel to the demolition work, approximately 130 micropiles were driven as a foundation for the cooler and filter buildings. Part of this work was carried out underneath the rotating planetary cooler, demanding special measures for the safety and cooling of the equipment used.

Erection of the filter building

Due to a combination of cast-in-place concrete supports, semi-precast wall sections and preassembled ceilings, the filter building could be constructed quickly. It was possible to hand over on time the three-storey structure to IKN in mid-October 2010.

Preassembly of the plant components and steel structures

Delivery of the first plant components and their preassembly commenced in September 2010. The sizes and weights of the parts were limited by the restricted space conditions on the installation site. The following work was carried out:

- » Kiln shell end section – assembly of the outlet segments and mounting parts
- » Kiln hood – assembly of the four sections and installation of the refractory anchors
- » Ducts and piping – assembly in sections of maximum hoisting size, lining with refractory materials
- » Cyclones – assembly and installation of the refractory lining
- » Air-air heat exchanger – assembly in sections of maximum hoisting size
- » Bag filter – assembly in sections of maximum hoisting size

halb von 55 Tagen durchgeführt werden. Dieses ehrgeizige Ziel setzte neben einer präzisen Planung auch die gute Zusammenarbeit aller beteiligten Firmen und Personen voraus (Bild 8). Das Montagekonzept basierte auf dem Grundsatz, den Fertigstellungsgrad während der Vormontage zu maximieren, um die erforderlichen Arbeiten während des Stillstandes zu minimieren.

7.2 Ausgangssituation

Das Rohrdorfer Zementwerk grenzt südlich und westlich an einen Berghang und ist über Jahrzehnte historisch gewachsen. Es stellt keine klassische Zementlinie dar, in der der Materialfluss vom Steinbruch über die Rohmehlmühle zum Ofen bis in das Klinkersilo geradlinig verläuft. Der mäanderförmige Verlauf des Materialflusses zieht eine dichte und hohe Bebauung der Flächen nach sich. Aus diesem Grund bestand nicht die oft genutzte Möglichkeit einer Vormontage des Klinkerkühlers parallel zu dessen endgültiger Position mit anschließender Verschiebung.

Bild 9 zeigt die Ausgangssituation der direkten Umgebung des zukünftigen Klinkerkühlers. Zu sehen ist der alte Satellitenkühler (a), die Mischbetthalle (b) sowie das Schotterband (c). Das Schotterband verläuft quer durch das geplante neue Gebäude und musste auch während des Umbaus betriebsfähig bleiben; folglich eine besondere Aufgabenstellung

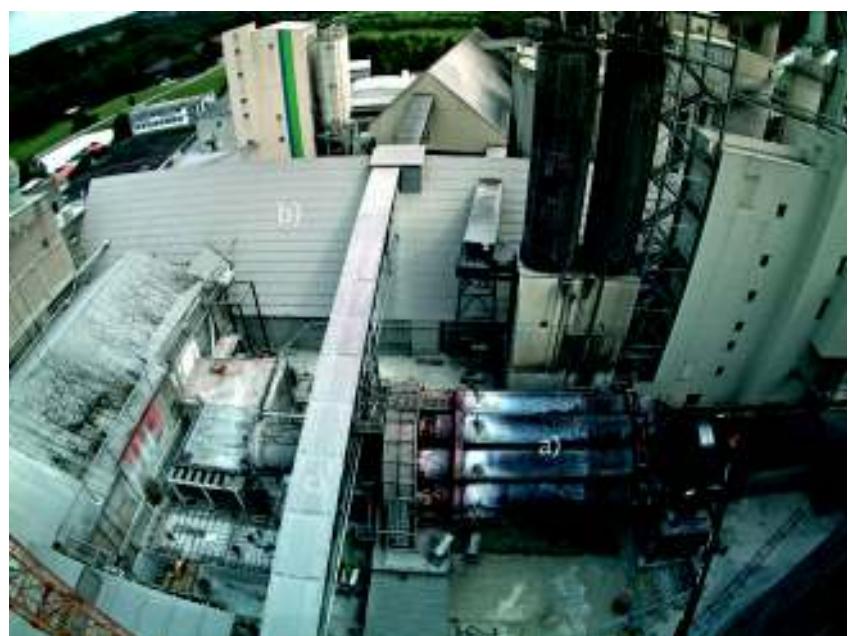
7.3 Baustellenlogistik

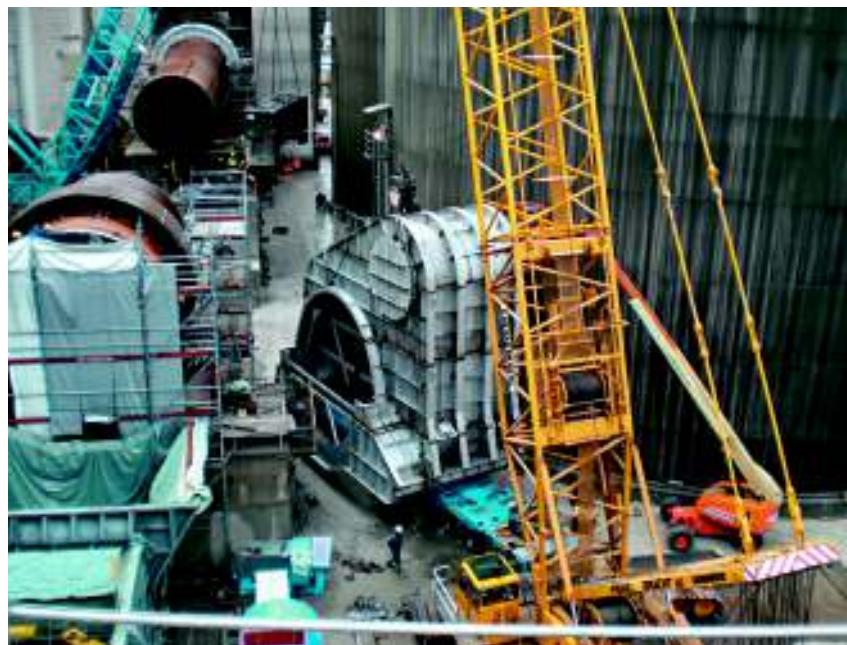
Wegen der begrenzten Platzverhältnisse in unmittelbarer Nähe des Einbauortes erfolgte die Vormontage hauptsächlich im Steinbruch südlich der Produktionsanlagen. Für den Transport der vorgefertigten Bauteile zur eigentlichen Baustelle mussten teilweise Spezialfahrzeuge eingesetzt werden (Bild 10). Lediglich die Unterkonstruktion des Rostkühlers wurde neben dem Klinkerbecherwerk vormontiert und konnte damit als Einheit eingehoben werden (Bild 11).

Diesem Konzept folgend wurde ein 350 t Raupenkran westlich des bestehenden Satellitenkühlers positioniert. Der An- und Abtransport der zu hebenden Teile erfolgte

9 View of the planetary cooler – the demolition of the burner platform has already begun

Blick auf den Satelliten-Kühler – Die Abrissarbeiten der Brennerbühne haben schon begonnen





10 The kiln hood is arriving – in the background, the 1000 t crawler crane (blue) for the kiln conversion

Der Ofenkopf wird antransportiert – Im Hintergrund der 1000 t Raupenkran (blau) für den Umbau am Ofen

Assembly of plant components

From the middle of October 2010, plant components in the area of the filter building were assembled. The initial step in this phase meant to build in the completely assembled troughs under the air-air heat exchanger (AAHE) and the filter. The lower section of the 32 m high stack was erected next. Pipe bundles were then installed in the AAHE and the erection of the completely preassembled filter housing took place (**Fig. 12**). Afterwards the upper section of the stack was hoisted into place. Upon the exhaust air ducts had been positioned on the 2nd floor, the double-flow exhaust fan was installed.



11 The preassembled structure of the grate is positioned

Die komplett vormontierte Struktur des Rostes wird eingehoben

über den Korridor zwischen Klinkersilo und Drehrohrofen. In der Phase vor dem Stillstand wurde der Kran mit einem 24 m Hauptausleger und einer 42 m Wippe ausgestattet, um bei Gewichten bis 18 t die Anlagen im Bereich des Filtergebäudes montieren zu können. Vor dem Stillstand wurde auf eine 24 m Wippe umgerüstet, um bei der Demontage und Installation der schweren Anlagenteile eine entsprechende Hub-Kapazität zu gewährleisten. Nach der Fertigstellung der obersten Ebene des Kühlergebäudes erledigte man die weiteren Montagearbeiten mit Hilfe von Autokränen.

7.4 Arbeiten vor dem Stillstand

Abrissarbeiten Brennerbühne und Kohleverladung

Bereits im Mai 2010, d.h. ca. 7 Monate vor dem geplanten Stillstand, ist seitens Rohrdorfer Zement mit den Abrissarbeiten begonnen worden. Hierbei wurden in einem ersten Schritt die vorhandene Brennerbühne mit Dach und Anbau sowie die Kohleverladung demontiert.

Gründung Filter und Kühlergebäude

Parallel zu den Abrissarbeiten wurden als Bauwerksgründung für Kühler- und Filtergebäude ca. 130 Mikropfähle eingebracht. Diese Arbeiten erfolgten teilweise unterhalb des drehenden Satellitenkühlers, weshalb spezielle Maßnahmen hinsichtlich Sicherheit und Kühlung der Geräte notwendig wurden.

Errichtung Filtergebäude

Durch die Kombination von Ortbetonstützen, Halbfertigteilwänden und Fertigdecken konnte das Filtergebäude zügig errichtet werden. Die dreistöckige Konstruktion wurde so termingerecht Mitte Oktober 2010 an IKN übergeben.

Vormontage der Anlagenkomponenten und Stahlbau

Die Anlieferung der Anlagenbauteile sowie deren Vormontage erfolgten ab September 2010. Die räumlichen Gegebenheiten am Einbauort begrenzten hierbei Größen und Gewichte. Im Einzelnen wurden folgende Arbeiten durchgeführt:

- » Ofenendschuh – Montage der Auslaufsegmente und Einbauteile
- » Ofenkopf – Zusammenbau der vier Teile und Installation der Feuerfestanker
- » Rohrleitungen – Zusammenbau in maximale Hub-Größen, Auskleidung mit Feuerfest
- » Zyklone – Zusammenbau und Feuerfest-Montage
- » Luft-Luft-Wärmetauscher – Zusammenbau in maximale Hub-Größen
- » Schlauchfilter – Zusammenbau in maximale Hub-Größen

Montage der Anlagenkomponenten

Ab Mitte Oktober 2010 begann die Montage der Anlagenkomponenten im Bereich des Filtergebäudes. Hierbei sind zuerst die vollständig montierten Wannen unterhalb des Luft-Luft Wärmetauschers (LLWT) und Filters eingehoben worden. Nun folgte die Aufstellung des 32 m hohen Kaminunterteils. Anschließend wurden die LLWT-Rohrbündel sowie das ebenfalls zu 100% vor-

**12 Construction situation before Christmas**

Bauzustand vor Weihnachten

**13 The clinker cooler has been hoisted in and the kiln hood is mounted**

Der Klinkerkühler ist eingehoben und der Ofenkopf montiert

Erection of the eastern section of the cooler building

Parallel to the work on the filter building, the steel structure for the cooler building was erected between the rotating planetary cooler and the existing coal mill building. The distance between the cooler tubes and the erected steel structure measured 300 mm only. After completion of the floor levels, the prefabricated concrete floor slabs were installed, so that all levels of the building were accessible. Subsequently, the preassembled and prelined dedusting cyclones were hoisted into their prepared supporting frames. At the same time the exhaust air duct between cooler building and AAHE was laid. In addition to a significant reduction in the amount of work involved in the main assembly, these activities, carried out under extremely restricted space conditions, provided valuable experience that led to additional time savings during the production stoppage.

Preassembly of the grate cooler

At the same time, foundations for the grate cooler were constructed beneath the planetary cooler, the tube dust extractor was assembled and the compartment partition walls were installed into the lower cooler housing. Alongside the existing bucket elevator for clinker, the movable and static sub-structures of the grate cooler were completely assembled and aligned within hoisting distance to its final place of installation. At this point the grate plates were installed, aligned and removed again in packages of three rows. The fixed inlet section of the cooler was mounted at the preassembly area. Remaining components, such as the crusher, hydraulic power pack and housing had already been delivered fully assembled to the construction site, so that no further preassemblies were required on site.

Preparatory work for disassembly of the planetary cooler

The kiln system was shut down on 17.12.2010 and SPZ personnel removed the entire refractory lining of the kiln

montierte Filtergehäuse positioniert (**Bild 12**). In einem nächsten Schritt setzte man das Kaminoberteil auf. Nachdem die Abluftleitungen im 2. Stockwerk verlegt waren, konnte auch der zweiflutige Abluftventilator installiert werden.

Errichtung Kühlergebäude-Ost

Parallel zu den Arbeiten am Filtergebäude errichtete man zwischen dem rotierenden Satellitenkühler und dem bestehenden Kohlemühlengebäude den Stahlhochbau für das Kühlergebäude. Der Abstand zwischen Satelliten und aufgehender Konstruktion betrug dabei lediglich 300 mm. Nach Fertigstellung der Stockwerksebenen wurden die Deckenplatten als Betonfertigteile aufgelegt, so dass die Begehbarkeit der Ebenen gewährleistet war. Anschließend wurden die vormontierten, und bereits ausgemauerten, Staubabscheidezyklone in die dafür vorbereiteten Stützgerüste gehoben. In der gleichen Phase erfolgte die vollständige Montage der Abluftleitung zwischen Kühlergebäude und LLWT. Neben einer signifikanten Reduktion der Arbeiten während der Hauptmontage wurden durch diese unter extrem beengten Platzverhältnissen durchgeführten Maßnahmen wertvolle Erfahrungen gesammelt, die zu einer zusätzlichen Zeitsparnis während des Produktionsstillstandes führten.

Vormontage Rostkühler

Gleichzeitig wurden unterhalb des Satellitenkühlers die Fundamente für den Rostkühler gegossen, sowie der Rohrkettenförderer und die Kammentrennwände des unteren Kühlergehäuses installiert. Neben dem bestehenden Klinkerbecherwerk sind die bewegliche und die feste Unterkonstruktion des Rostkühlers in Hubentfernung zum endgültigen Einbauort vollständig aufgebaut und nivelliert worden. Dabei wurden die Rostplatten montiert, ausgerichtet und in Paketen von je drei Reihen wieder demontiert. Auf dem Vormontageplatz fand der komplette Zusammenbau des festen Einlaufs des Kühlers statt. Die



14 The heat exchangers for the heat recuperation from the mid-air are mounted

Die Wärmetauscher zur Wärmeauskopplung aus der Mittenluft sind montiert

and dismounted the tube bends of the planetary cooler. This work was finished in time for the Christmas break.

7.5 Work during plant stoppage

Disassembly of the planetary cooler

Disassembly work recommenced on 03.01.2011. The initial step was to remove the 10 planetary tubes. After the kiln shell had been cut along its length and transversely between tyres 3 and 4, the upper shell halves were dismantled in two hoisting operations. Subsequently, the burner tunnel and the lower shells halves of the kiln were removed. The planetary cooler was completely disassembled in 7 days.

Assembly of the grate cooler

After the preassembled substructure of the grate cooler had been positioned in a single hoisting operation, the grate plate packages were hoisted in. As the grate plates had been aligned during preassembly, only fine adjustment remained to be done. At the same time, the fixed inlet section (KIDS) was positioned and the lower cooler housing installed, followed by the installation of the cooling fans including the air suction duct ([Fig. 13](#)).

Erection of steel structures and assembly of plant components

After the cooler housing, fans, etc. had been mounted, the various sections of the next level of the building were completed. While SPZ was finishing demolition of the kiln foundation in the rear section and the cooler roof was being mounted in the middle section, the preassembled kiln hood was installed in the front section. During this stage, the concept of using prefabricated concrete roof sections proved to be very advantageous, enabling quick assembly and immediate accessibility to the respective levels.

As one support and the tension station of the belt conveyor between the filter and the cooler building was located in the new cooler building, the support got inte-

übrigen Komponenten wie Brecher, Hydraulikaggregat und Gehäuse waren bereits in maximalen Größen auf die Baustelle geliefert worden, so dass hier keine weiteren Vormontagen mehr erforderlich waren.

Vorbereitungsarbeiten für die Demontage des Satellitenkühlers

Nach dem Abstellen der Ofenanlage am 17.12.2010 hat Rohrdorfer Zement die komplette Feuerfestauskleidung des Ofens mit werkseigenem Personal ausgebrochen und die Krümmer des Satellitenkühlers demontiert. Die Vormontagearbeiten waren pünktlich zur Weihnachtspause beendet.

7.5 Arbeiten während des Stillstandes Demontage Satellitenkühler

Nach der Weihnachtspause wurde am 03.01.2011 mit der Demontage be-

gonnen. Dabei wurden in einem ersten Schritt die 10 Satellitenrohre entfernt. Nachdem der Ofen zwischen den Laufringen 3 und 4 längs und quer getrennt worden war, konnte die obere Halbschale in zwei Hüben demontiert werden. Anschließend folgte der Abbau des Brennertunnels und der unteren Halbschalen des Ofens. Somit war der Satellitenkühler in 7 Tagen vollständig demontiert.

Montage Rostkühler

Nachdem die vormontierte Unterkonstruktion des Rostkühlers in einem Hub platziert wurde, konnten die Rostplatten in Paketen eingehoben werden. Durch die Ausrichtung während der Vormontage war hier nun lediglich noch eine Feinjustierung erforderlich. Gleichzeitig wurde der feste Einlauf (KIDS) positioniert und das untere Gehäuse des Kühlers montiert. Im Anschluß wurden die Kühlerventilatoren einschließlich Ansaugkanal aufgestellt ([Bild 13](#)).

Montage Stahlhochbau und Anlagenkomponenten

Nach Montage des Kühlergehäuses, der Ventilatoren, etc. folgte die Vervollständigung der weiteren Ebenen in den jeweiligen Abschnitten des Gebäudes. Während im hinteren Bereich SPZ noch letzte Abrissarbeiten am Ofenfundament durchführte und im mittleren Bereich die Kühlendecke montiert wurde, konnte im vorderen Bereich der bereits vormontierte Ofenkopf gesetzt werden. Von Vorteil erwies sich hier auch das Konzept der Betonfertigteildecken, die neben einer raschen Montage eine sofortige Begehbarkeit der jeweiligen Ebenen möglich machten.

Da eine Stütze mit Spannstation des zwischen Filter- und Kühlergebäude verlaufenden Förderbandes innerhalb des neuen Kühlergebäudes lag, wurde diese in das neue Gebäude integriert. Aufgrund der veränderten Gegebenheiten musste die Spannstation in die östlich gelegene Mischbetthalle verlegt werden. Das Förderband wurde an der zu modifizierenden Stütze mit Hilfe einer Brücke zwischen Filter- und Kühlergebäude abgefangen. Diese

grated into the new building. This resulted in the tension station being relocated to the blending bed hall situated to the east of the cooler building. The existing belt conveyor was supported by a structure to be modified with the aid of a bridge between the filter and the cooler building. The design of this bridge allowed operation of the belt conveyor even while it was temporarily secured. On conclusion of the plant installation work, the final support was set in place and the temporary solution removed. After completion of the cyclone platform, the supporting frames for the heat transfer system were installed, including the associated ducts and platforms. It was then possible to hoist the thermal oil heat exchanger, being the connecting link to the SCR system. Moreover, a "place holder" was built in for the feed water preheater system of the power station (Fig. 14).

Assembly of the kiln end section

Parallel to the activities in the area of the grate cooler, SPZ also installed a new intermediate kiln shell section and tyre support shell section while IKN mounted the kiln end section. After careful preparation and coordination, these closely linked work tasks were carried out according to schedule.

Electrical systems and cold commissioning

Wherever possible, the electrical system installation was carried out by SPZ simultaneously to the mechanical work. On completion, the equipment was connected to the power supply system and control room. System testing could be carried out during the last two weeks of February 2011 and was co-ordinated with the progress of mechanical installation. Thanks to the comprehensive electrotechnical planning carried out in advance by SPZ, trial runs of individual machine units at the respective manufacturer's works and the use of modular applications, no unexpected problems were encountered on site. During commissioning the engineers and technicians could concentrate fully on the performance of individual drives and the kiln line control and signalling of the complete kiln system in the control room.

8 Commissioning of the kiln line

During the assembly stage, the necessary steps for system commissioning were coordinated and prepared. After a grate cooler assembly period of 55 days, the kiln was recommissioned on 11th March 2011. Although the conversion work had affected the core components of the production plant, full production capacity was achieved within a few days and the agreed performance data were attained or surpassed. The performance test was successfully carried out on 7th April 2011. The SCR section was put in operation 14 days later than the kiln. The heat transfer system has fulfilled the expectations to the complete satisfaction of SPZ.

Note of thanks

The heat transfer system is part of the SCR plant. This demonstration project received funding from the Environmental Innovation Programme of the BMU, financed by the KfW.

wurde so ausgelegt, dass auch während der temporären Abfangung das Band in Betrieb bleiben konnte.

Nach Beendigung der Anlageninstallation wurde die endgültige Abstützung montiert und die temporäre Lösung wieder entfernt. Nachdem die Zyklonbühne vollständig errichtet war, konnten die Stützgerüste für die Wärmeverschiebeanlage einschließlich der zugehörigen Leitungen und Bühnen montiert werden. Anschließend erfolgte das Einheben der Thermo-Öl-Wärmetauscher als Verbindungsglied zur SCR-Anlage. Des weiteren wurde ein „Platzhalter“ für den später zu installierenden Speisewasservorwärmer des Kraftwerks eingebaut ([Bild 14](#)).

Montage Ofenendschuss

Parallel zu den Tätigkeiten im Bereich Rostkühler wurden von SPZ am Ofen ein neuer Feld- und Lauftringschuss und von IKN der Ofenendschuss montiert. Nach einer sorgfältigen Vorbereitung und Abstimmung konnten diese eng miteinander verknüpften Arbeiten planmäßig ausgeführt werden.

Elektrotechnische Installationen und Kaltinbetriebnahme
Zeitleich zu den mechanischen Arbeiten wurden, wo immer möglich, die erforderlichen elektrotechnischen Installationen von Rohrdorfer Zement ausgeführt. Nachdem die einzelnen Komponenten an die Stromversorgung angeschlossen und an den Leitstand angebunden waren, konnten von Mitte bis Ende Februar die entsprechenden Probeläufe, angepasst an den mechanischen Installationsfortschritt, durchgeführt werden. Dank der umfassenden elektrotechnischen Planung im Hause Rohrdorfer Zement, Probeläufe einzelner Aggregate in den jeweiligen Herstellerwerken und modular durchstrukturierter Anwenderprogramme waren vor Ort keine Überraschungen mehr zu erwarten. Bei der Inbetriebnahme konnten sich die Ingenieure und Techniker somit voll auf die Performance der einzelnen Antriebe und die Ansteuerung/Signalisierung der Gesamtanlage im Leitstand konzentrieren.

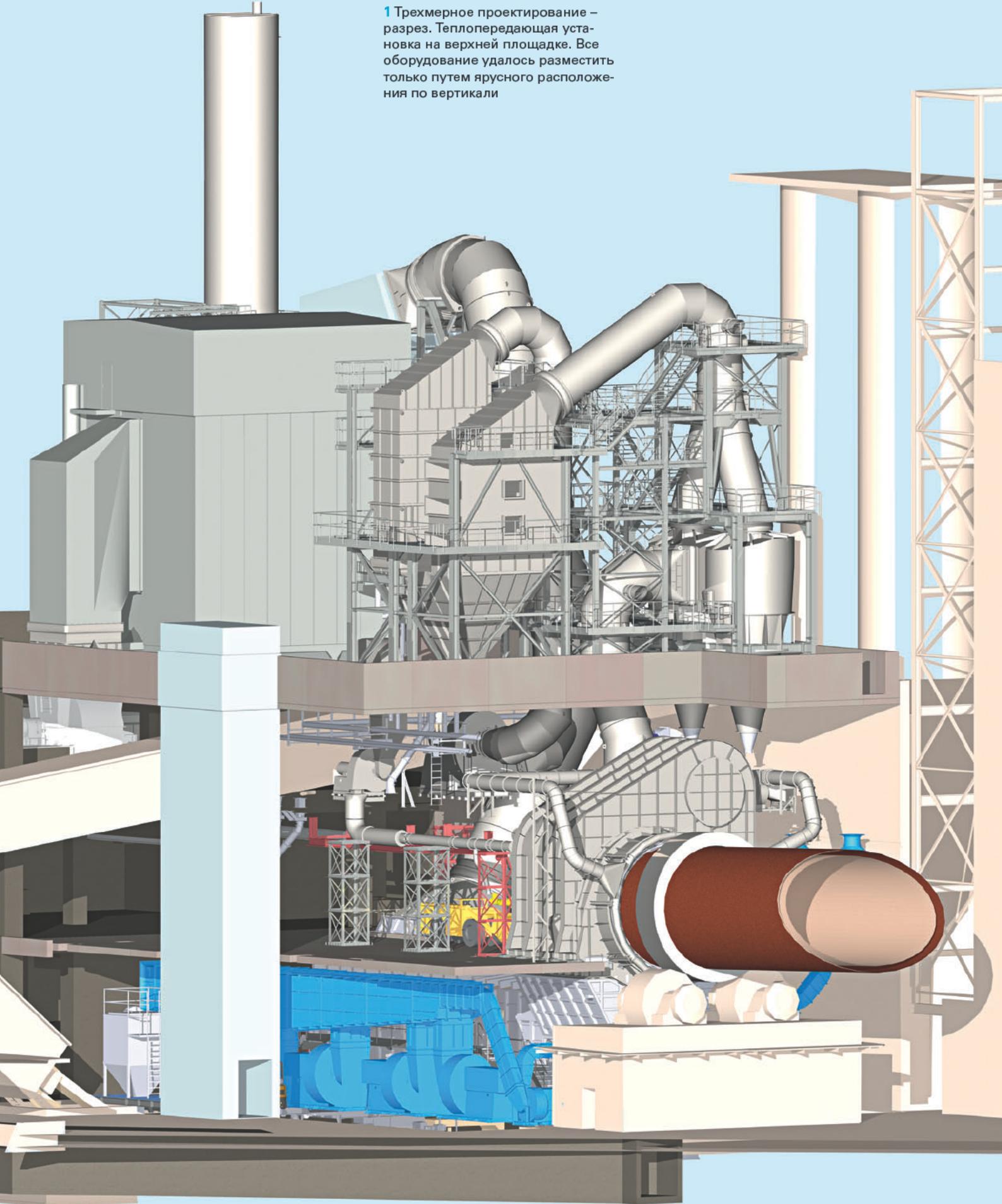
8 Inbetriebnahme der Ofenanlage

Schon während der Montage wurden die für die Inbetriebnahme erforderlichen Schritte abgestimmt und vorbereitet. Nach einer Montagezeit im Bereich Rostkühler von 55 Tagen ist die Ofenanlage am 11.03.2011 wieder in Betrieb gegangen. Obwohl die durchgeführten Umbauarbeiten das Herz der Produktionsanlage betrafen, erreichte man innerhalb weniger Tage die volle Produktionsmenge und die vereinbarten Leistungsdaten wurden erlangt bzw. übertroffen. Die Anlage hat am 07.04.2011 den Leistungstest erfolgreich bestanden. Der SCR-Abschnitt wurde 14 Tage nach dem Ofen in Betrieb genommen. Die Wärmeverschiebeanlage erfüllte dabei die Erwartungen von SPZ zur vollsten Zufriedenheit.

Danksagung

Die Wärmeverschiebeanlage ist Bestandteil der SCR-Anlage. Diese Anlage ist als Demonstrationsvorhaben mit Mitteln aus dem Umweltinnovationsprogrammes des BMU durch die KfW gefördert worden.

1 Трехмерное проектирование – разрез. Теплопередающая установка на верхней площадке. Все оборудование удалось разместить только путем ярусного расположения по вертикали



В рамках проекта, финансированного Федеральным министерством окружающей среды, охраны природы и безопасности ядерных реакторов (BMU), печной агрегат цементного завода в Рордорфе был модернизирован и, в частности, оснащен установкой для рекуперации отходящего тепла. Путем отбора так называемого серединного воздуха из колосникового холодильника теплопотери еще больше сокращаются, а коэффициент рекуперации тепла увеличивается.

ТЕКСТ дипл. инж. Гельмут Ляйбингер¹, Олаф Виндмёллер², Йорг Хаммерих²

ROHRDORFER ZEMENT/IKN

На пути в будущее

1 Вступление

После двухлетнего периода проектирования и строительства цементный завод Rohrdorfer Zement весной 2011 года снова пустил в эксплуатацию свой основательно модернизированный печной агрегат. Благодаря применению первой в мире каталитической установки селективного деазотирования Low-Dust SCR, размещенной за теплообменной башней цементного завода, реконструкции вращающейся трубчатой печи и замене старого сателлитного холодильника колосниковым холодильником фирмы IKN печной агрегат рордорфского завода стал одним из самых современных агрегатов в мире. Особенностью этого технического решения является теплопередающая установка, направляющая отходящее тепло клинкерного холодильника в катализатор отработанных газов (**Рис. 1**).

Это новое оборудование финансируется за счет средств программы экологических инноваций BMU и служит демонстрационным объектом, дающим пример развития для всей цементной промышленности. Параллельно со строительством этого объекта были построены другие теплотехнические установки – в частности, работающая на отходящем тепле паротурбинная электростанция.

2 Основные данные

- » Заказчик: Южнобаварский завод по производству портландцемента Gebrüder Wiesbock & Co. GmbH (SPZ)
- » Генеральный подрядчик по строительству установок: IKN GmbH
- » Выдача заказа: 14.01.2010 г.
- » Основной монтаж: 03.01 – 27.02.2011 г. (55 дней)
- » Сдача в эксплуатацию: 11.03.2011 г.
- » Объем работ: проектирование, поставка и монтаж
- » Объем работ IKN:
 - Замена сателлитного холодильника колосниковым холодильником IKN
 - Строительство новой головки печи со звеном разгрузочного конца

- Строительство нового здания холодильника (сооружение из стальных конструкций).
- Строительство новых трубопроводов
- строительство новых пылеотделительных циклонов
- Монтаж воздушно-масляного теплообменника теплопередающей установки
- Монтаж воздушно-воздушного теплообменника
- Монтаж рукавного фильтра
- Строительство новых вентиляторов серединного и отработанного воздуха
- Строительство дымовой трубы

Одновременно с описанными выше работами завод SPZ проводил крупномасштабную реконструкцию печи. При этом были, в частности, заменены бандаж и ролики опорной станции II, а также установлен новый привод печи, включая зубчатый венец, и редуктор на станции I. Дополнительно к этому модернизированная горелочная система была оснащена новой главной форсункой. Кроме того были проведены большие работы по санированию бетонных конструкций.

3 Концепция установки

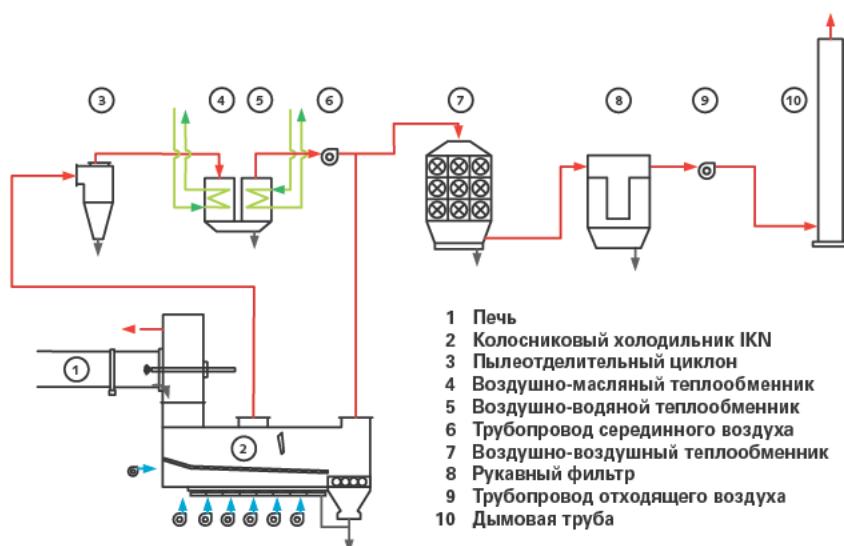
Клинкерный холодильник с многообразным использованием тепла

Наряду с обычной экономией энергии концепция реконструкции установки предусматривала многообразное использование тепла благодаря применению нового колосникового холодильника IKN (**Рис. 2**).

В обычном процессе производства цемента колосниковый холодильник рекуперирует около 75 % тепла клинкера, выходящего из печи. При этом наибольшая доля рекуперируемого тепла используется для подогрева топочного воздуха – как вторичного воздуха для печной горелки и третичного воздуха в кальцинаторе. Печная головка на заводе в Рордорфе была заранее сконструирована так, чтобы позже после перевода печного агрегата на режим работы с кальцинатором можно было отбирать необходимый третичный воздух – под-

1 Südbayerisches Portland Zementwerk Gebrüder Wiesböck & Co. GmbH, Rohrdorf/Germany

2 IKN GmbH, Neustadt/Germany



2 Схема установки

готовленные отверстия были сначала закрыты плитой-заглушкой. Объем воздуха, необходимый для охлаждения клинкера до 65 °C, превышает количество, которое может потребить процесс обжига. Излишний объем отбирается, как правило, из клинкерного холодильника в виде отработанного воздуха с немалым содержанием тепла, охлаждается и выбрасывается в атмосферу через фильтр.

Для сокращения потерь тепла с отходящим воздухом холодильника на заводе в Рордорфе из клинкерного холодильника сначала отбирается так называемый серединный воздух. При этом из передней половины холодильника отбирается горячий воздух с температурой выше 400 °C, который направляется на дальней-

шее термическое использование. На других заводах этот горячий отходящий воздух часто применяется для сушки различных сырьевых материалов для производства цемента, например, шлака. На демонстрационных установках завода Rohrdorfer Zement был избран иной эксергетический подход к использованию этого потока воздуха, соответствующего потоку тепла в количестве ни много ни мало 6 МВттерм. (Рис. 3). Поступающий с точки отбора горячий серединный воздух с температурой ок. 450 °C предварительно обеспыливается в циклоне, после чего проходит через воздушно-масляный теплообменник, работающий на термомасле. Этот теплообменник является составной частью теплопередающей установки и служит для подогрева катализатора в агрегате для деазотирования отработанных газов методом SCR. Здесь поток серединного воздуха охлаждается до 260 °C и затем проходит через воздушно-водяной теплообменник, который подогревает питательную воду для паротурбинного цикла. После охлаждения до 110 °C отработанный воздух вместе с оставшимися отходящими газами холодильника подается вентилятором серединного воздуха в рукавный фильтр, перед которым для подстраховки установлен еще воздушно-воздушный теплообменник. В исключительных случаях этот аварийный холодильник защищает рукава от прогорания.

4 Трехмерное проектирование

Уже при эскизном проектировании, т. е. на стадии подготовки коммерческого предложения, быстро выяснилось, что в связи со стесненными условиями на существующей установке в Рордорфе нет возможности выполнить «классический» двухмерный проект, потому

3 Теплообменники для работающей на отходящем тепле паротурбинной электростанции и установка SCR со смонтированными трубопроводами



что он не обеспечивал бы необходимой безопасности и надежности для такой сложной установки.

Поэтому рабочее проектирование было начато трехмерным лазерным сканированием существующего печного агрегата и прилегающих участков, затрагиваемых проектированием. Для составления единой базы данных результаты этого сканирования были сопоставлены с уже имеющимися 3D-съемками завода Rohrdorfer Zement (**Рис. 4**).

В качестве программы CAD служила система проектирования Autodesk Inventor – стандартная программа, применяемая как на заводе Rohrdorfer Zement, так и на фирме IKN. В отличие от этого строительное проектирование осуществлялось с помощью программ Allplan или Bocard. Так как для этого еще не было надежных инструментов конвертирования, обмен данными оказался в некоторых случаях особенно затруднительным.

Постоянная адаптация совместимой, непрерывно расширяющейся модели данных комплектной установки была очень трудоемкой. Эта адаптация сопровождалась также постоянно растущими требованиями программного обеспечения к компьютерным станциям, в результате чего генеральные проектировщики даже были вынуждены в ходе выполнения проекта дважды заменить программное обеспечение: Windows XP – Vista – Windows 7. Но несмотря на это, проектировщикам строительной части, а также отдельных специальных частей проекта и генеральным проектировщикам удалось путем тесного сотрудничества и регулярного обмена информацией найти удовлетворительное решение (**Рис. 5**).

5 Специальные концепции

5.1 Клинкерный холодильник

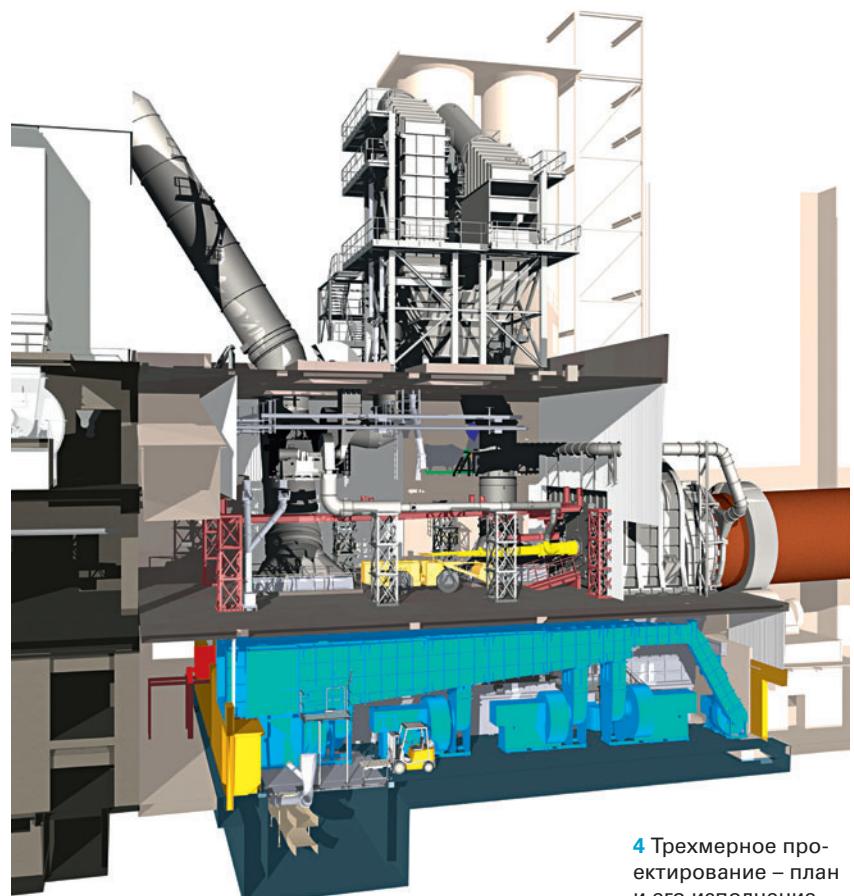
Проекты переделки сателлитных холодильников в колосниковые в большинстве случаев сталкиваются с очень стесненными пространственными условиями. Новый холодильник нужно было установить между печными фундаментами № 3 и № 4 существующего печного агрегата и подключить к имеющейся системе транспорта клинкера, чтобы максимально сократить сроки реконструкции. Это приводит к тому, что в большинстве случаев соотношение длины и ширины колосниковых холодильников отличается от обычных показателей. В Рордорфе колосниковая решетка была выполнена шириной 5,6 м в расчете на будущий максимальный объем производства в 4000 т/сутки. К счастью, существующий сателлитный холодильник был расположен относительно высоко, в связи с чем для нового колосникового холодильника потребовался незначительный объем экскавационных работ. Корпус холодильника расположен непосредственно на новых ленточных фундаментах. Между ними были размещены дополнительно только два плоских параллельных трубчатых цепных транспортера. Все необходимые работы по выемке грунта и устройству фундаментов проводились без остановки печного агрегата.

Другие существенные побочные условия для конструктивного решения клинкерного холодильника определялись требуемыми возможностями использования тепла: вторичный воздух для печной горелки,

третичный воздух для будущей установки предварительного кальцинирования, серединный воздух для теплопередающей установки и подогрева питательной воды, а также как можно более холодный отходящий воздух. В самом холодильнике над решеткой был предусмотрен подвижный теплозащитный экран, предназначенный для четкого разделения зон различной температуры и регулирования объемов воздуха, направляемого к различным точкам отбора.

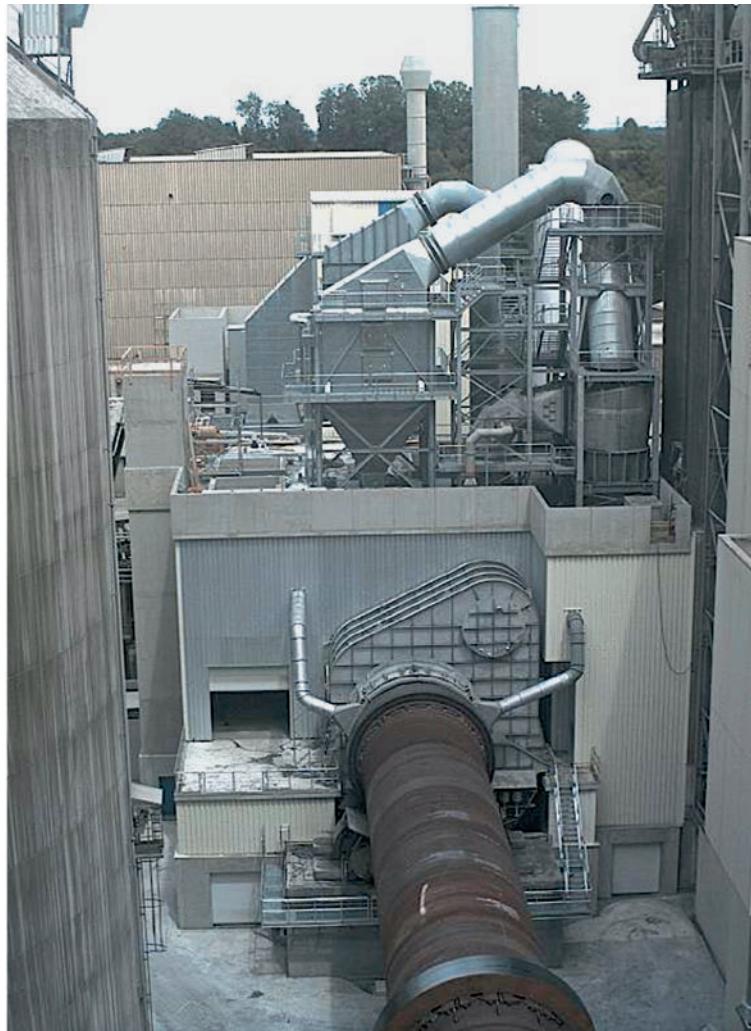
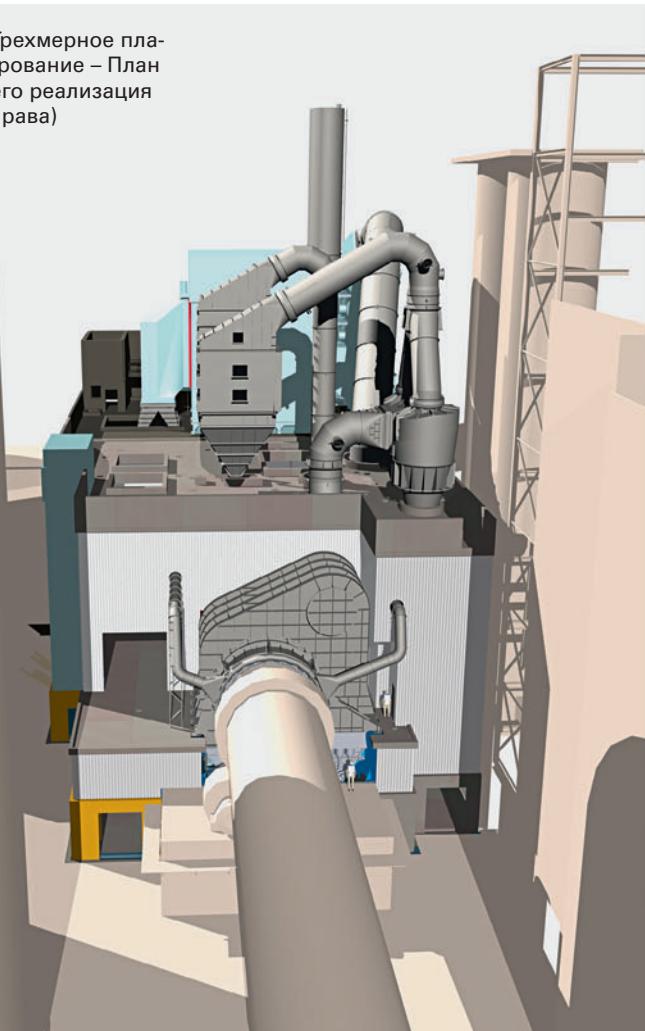
5.2 Канал отбора воздуха

В связи с небольшим удалением цементного завода от поселка Рордорф наибольшее внимание при проектировании уделялось как можно более низкой эмиссии шума. В качестве основы для проектирования завод Rohrdorfer Zement разработал перед началом работ кадастр шумовой нагрузки. Для того чтобы реализовать эту концепцию и исключить ненужные проемы в ограждающей конструкции здания холодильника, вентиляторы на западной стороне холодильника были в рамках разработанного совместно с фирмой Reitz проекта оснащены общим каналом отбора воздуха со встроенным глушителем (**Рис. 6**). Отсасывающее отверстие канала было устроено в проезде между зданием холодильника и зданием фильтров. После трехмесячной эксплуатации можно отметить, что за пределами здания холодильника шум воздуходувок практически неслышим. Так как канал подвешен под топочной площадкой и глушители отдельных вентиляторов были исключены, существенно улучшились условия подхода к площадке холодильника. Эта схема



4 Трехмерное проектирование – план и его исполнение

5 Трехмерное планирование – План и его реализация (справа)



отсоса воздуха обладает дополнительным преимуществом, заключающимся в отборе постоянно чистого обеспыленного воздуха.

6 Центральный канал отбора воздуха из колосникового холодильника с интегрированным глушителем вентилятора холодильника

5.3 Дымовая труба

Первоначальное задание предусматривало строительство дымовой трубы диаметром 2700 мм с предвключенным в трубопровод глушителем. Во время проектирования было очень быстро установлено, что

расположенная поблизости старая дымовая труба котельной с мазутной топкой нуждается в санитарии. Следуя проектной философии, направленной на нахождение оптимальных вариантов, было принято решение о сносе старой дымовой трубы и включении дополнительного канала для выброса отработанного воздуха в новую трубу. В процессе проектирования стало также ясно, что позже было бы целесообразно иметь еще один теплообменник между вытяжным вентилятором и дымовой трубой. Для обеспечения этой возможности глушитель был удален из трубопровода и установлен также в дымовой трубе. В конце

концов была построена дымовая труба диаметром 3200 мм с вмонтированным кулисным глушителем шума и введенной котельной трубой из нержавеющей стали Du 400.

5.4 Поворотный погрузчик

Кроме «нормальных» технологических и монтажных требований к строительной конструкции нужно было при проектировании учесть применяемый на заводе Rohrdorfer Zement погрузчик фирмы Paus. Этот разработанный для горной промышленности поворотный погрузчик применяется на цементном заводе, главным образом, для работ по футеровке печи. С одной стороны, при статическом расчете горелочной площадки нужно было учесть высокую вертикальную нагрузку от этого агрегата, а с другой стороны, нужно было предот-



вратить возможное столкновение с колоннами здания. Чтобы обеспечить беспрепятственное проектирование и выполнение строительных работ, была своевременно подготовлена соответствующая концепция, согласованная со специалистом по статическим расчетам. Основополагающая идея заключалась при этом в предотвращении столкновения погрузчика с колоннами здания и последующего разрушения несущей конструкции. Для этого в рабочей зоне погрузчика были установлены решетки, которые в случае столкновения выполняли бы функцию «зоны смятия», уменьшая энергию столкновения до приемлемого уровня ([Рис. 7](#)).

Так как погрузчик предусматривался для транспортирования огнеупоров с горелочной площадки в печь, нужно было также найти подходящую конструкцию платформы для заезда в головку печи. Учитывая большие грузы, было ясно, что стандартное решение здесь не подойдет. Поэтому фирма IKN разработала разборную стальную конструкцию въездной площадки, оснащенной колесами и ограждением. Эту конструкцию можно легко собирать и разбирать с помощью тележки горелки. Конструкцию была изготовлена местным предприятием по рабочим чертежам фирмы IKN.

5.5 Концепция огнеупорной футеровки

Проектирование огнеупорной футеровки должно было обеспечить достижение двух важнейших целей:

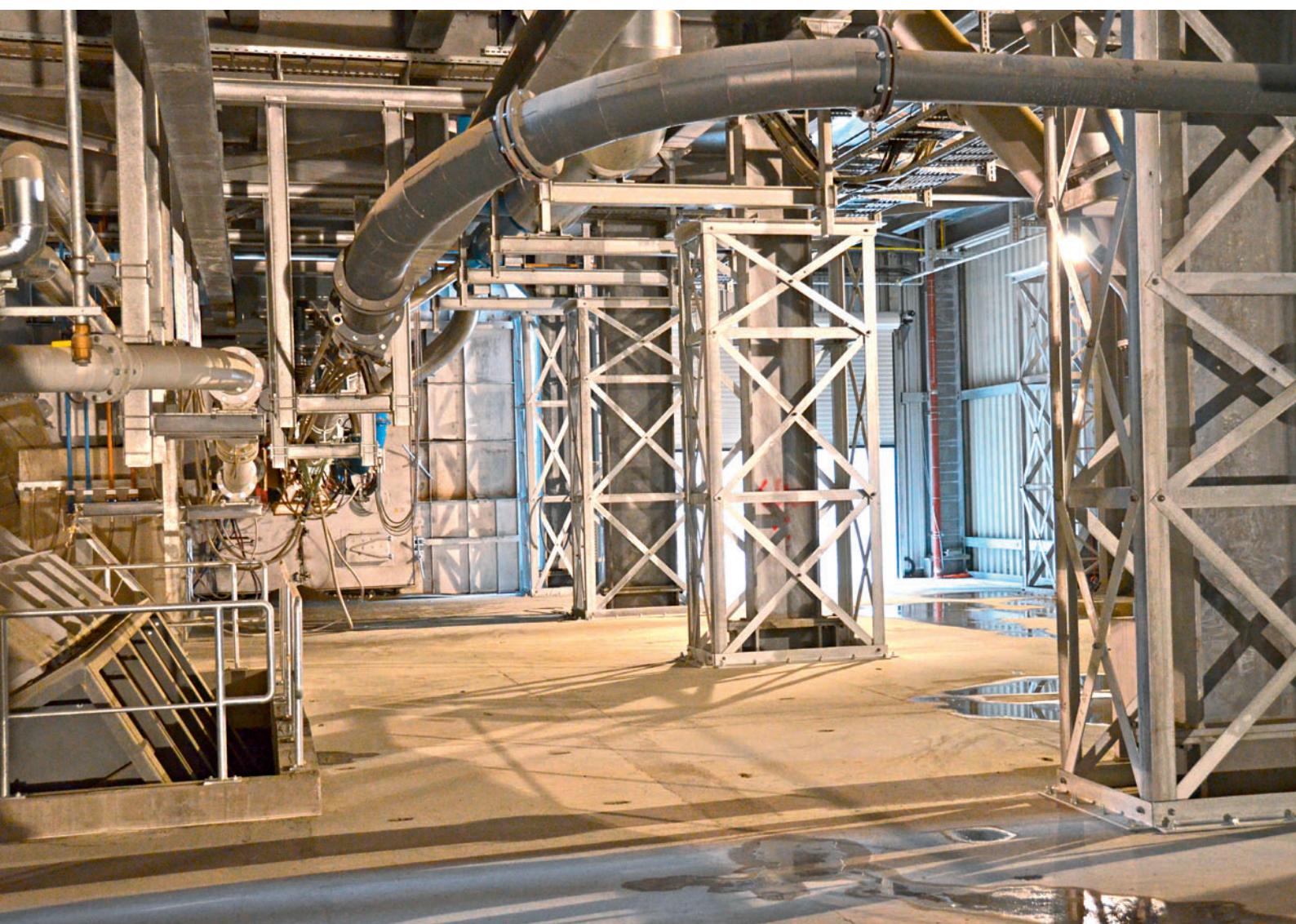
- решение должно гарантировать наивысшее качество и
- монтаж должен выполняться за кратчайшее время.

Также и это решение было найдено в результате партнерского сотрудничества между Rohrdorfer Zement и IKN. В феврале 2010 года компания IKN пригласила некоторых производителей огнеупоров на завод Rohrdorfer Zement на технические переговоры. После обмена опытом и последующей оценки данных довольно быстро был выдан заказ фирмой Refratechnik GmbH из Гёттингена. При дальнейшем детальном согласовании между Rohrdorfer Zement, IKN и Refratechnik было разработано следующее решение:

Боковые стены холодильника были доставлены заводом металлоконструкций непосредственно на фирму, выполняющую монтаж огнеупоров. Там металлоконструкции были полностью обмурованы в заводских условиях, позволивших добиться отличного качества обмуровки. С другой стороны, это существенно облегчило логистику на стройплощадке в Рордорфе. Готовые панели были доставлены в Рордорф незадолго до монтажа и должны были там храниться только короткое время. Боковины холодильника были изготовлены методом мокрого торкретирования (Jetcast) после монтажа кожуха холодильника. Перекрытие было выполнено с применением традиционных огнеупорных кирпичей.

Футеровка каналов горячего воздуха проводилась большей частью в рамках предварительной сборки на стройке, в связи с чем после установки нужно было задельвать толькостыки. Если двойные циклоны покрывались огнеупорным материалом в лежачем положении, то футеровку головки печи можно было выполнять

[7](#) Новая топочная площадка с видом на горелку/головку печи



8 План-график



только по месту методом Jetcast, учитывая большой вес огнеупорного материала.

6 Изготовление

Строительные проекты в цементной промышленности испытывают сильное давление со стороны затрат, что в большинстве случаев вынуждает производителей установок изготавливать свои узлы в странах с низким уровнем заработной платы. Компания Rohrdorfer Zement осознавала эти обстоятельства, но несмотря на издержки категорически исключила эту возможность в своих контрактах. В отношении качества поставляемых узлов не допускались какие-либо компромиссы.

Компания IKN приняла эти жесткие требования. Трехмерный проект установки был уже готов, что открывало возможность трехмерного конструирования отдельных узлов. Это позволило воспользоваться самой современной технологией изготовления, применяемой в Германии в автомобильной промышленности. Вме-

9 Вид на сателлитный холодильник. Работы по сносу горелочной площадки уже начались.

сто изготовления узлов классическим методом сварки стальных профилей и листов, выполнялась автоматизированная лазерная резка листов и их фальцевание. Благодаря этому в данном пилотном проекте удалось изготовить высококачественные детали по конкурентоспособным ценам.

7 Монтаж

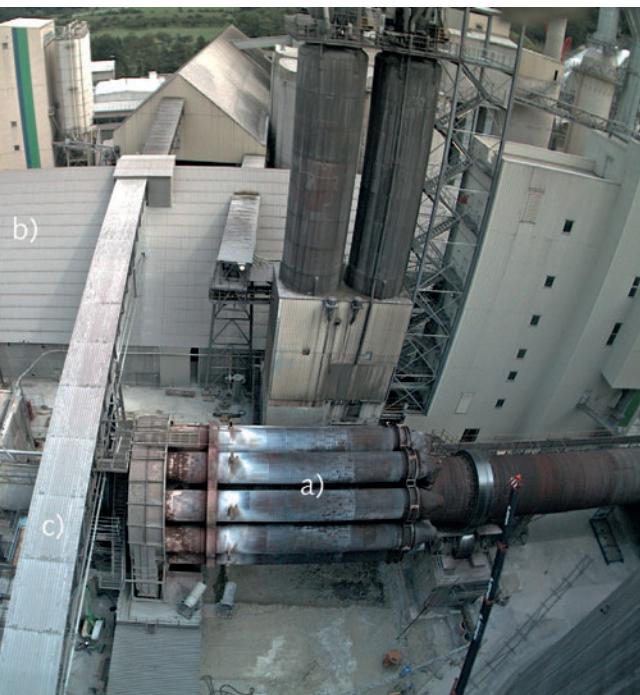
7.1 Общие сведения

Работы по демонтажу существующих компонентов и монтажу нового оборудования фирма IKN должна была выполнить в течение 55 дней. Для выполнения этой сложной задачи требовалось не только четкое планирование, но и хорошее сотрудничество всех участнивших фирм и лиц (Рис. 8). В основу монтажной концепции был положен принцип максимального использования предварительно изготовленных деталей и узлов в целях минимизации объема работ при остановке завода.

7.2 Исходная ситуация

С южной и западной сторон завод Rohrdorfer Zement граничит с горным склоном и его структура сложилась в течение десятилетий. Схема завода не представляет собой классическую линию производства цемента, при котором материал движется прямолинейно от карьера, через сырьевую мельницу к печи и до клинкерного сilosа. Разветвление потока материала приводит к плотной и высокой застройке площадей. Поэтому в данном случае отсутствовала часто используемая возможность предварительной сборки клинкерного холодильника параллельно его окончательному расположению с последующей сдвижкой.

На Рис. 9 представлена исходная ситуация на месте установки будущего холодильника. Здесь виден старый сателлитный холодильник (а), гомогенизационный склад сырья (б) и транспортер известнякового щебня (с). Транспортер известнякового щебня пересекает по-перек запланированное новое здание и должен был эксплуатироваться также и во время реконструкции, что дополнительно осложняло задачу.



7.3 Логистика строительства

В связи со стесненными условиями в непосредственной близости от места монтажа предварительная сборка проводилась, главным образом, в карьере, расположенным южнее производственных установок. Для перевозки предварительно изготовленных узлов на стройплощадку иногда приходилось использовать специальную транспортную технику (**Рис. 10**). Рядом с ковшовым элеватором клинкера удалось предварительно смонтировать и целиком подать краном только опорную конструкцию колосникового холодильника (**Рис. 11**).

Для реализации этой концепции на западной стороне существующего сателлитного холодильника был установлен гусеничный кран грузоподъемностью 350 тонн. Подвоз и отвоз поднимаемых конструкций осуществлялся по коридору между силосом клинкера и вращающейся печью. На этапе, предшествовавшем остановке завода, кран был оснащен главной стрелой длиной 24 метра и шарнирно сочлененной стрелой длиной 42 метра, чтобы иметь возможность монтировать оборудование весом до 18 тонн в зоне фильтровальной установки. Перед остановкой завода кран был переоборудован с применением шарнирно сочлененной стрелы длиной 24 метра, чтобы обеспечить достаточную грузоподъемность для демонтажа и установки тяжелых узлов оборудования. После окончания строительства самой верхней площадки здания холодильника другие монтажные работы выполнялись с помощью автокранов.

7.4 Работы перед остановкой завода

Снос горелочной площадки и погрузки угля

Работы по сносу старых установок на заводе Rohrdorfer Zement были начаты уже в мае 2010 г., т. е. примерно за 7 месяцев до запланированной остановки завода. При этом на первом этапе были демонтированы горелочная площадка с крышей и пристройкой, а также узел погрузки угля.

Фундаменты фильтров и здание холодильника

Одновременно с работами по сносу были забиты ок. 130 микросвай для устройства фундаментов здания холодильника и фильтров. Эти работы проводились частично под вращающимся сателлитным холодильником, в связи с чем нужно было принять соответствующие меры по безопасности и охлаждению агрегатов.

Строительство здания фильтровальной установки

Благодаря комбинированному применению монолитных колонн, полуготовых стен и предварительно изготовленных перекрытий здание фильтровальной установки было построено быстро. Трехэтажное строительное сооружение было своевременно сдано компании IKN в середине октября 2010 г.

Предварительная сборка компонентов установки и металлических конструкций

- » Поставка элементов установки и их предварительная сборка начались в сентябре 2010 г. При этом размеры и вес ограничивались стесненными условиями на месте монтажа. За указанное время были выполнены следующие работы:



- » Обечайка разгрузочного конца печи – монтаж разгрузочных сегментов и встраиваемых элементов
- » Головка печи – сборка четырех элементов и установка анкерных креплений для футеровки
- » Трубопроводы – сборка узлов с максимально возможным для подъема весом, обмуровка огнестойким материалом
- » Циклоны – сборка и монтаж футеровки
- » Воздушно-воздушный теплообменник – сборка узлов с максимально возможным для подъема весом
- » Рукавный фильтр – сборка узлов с максимально возможным для подъема весом

10 Перевозка головки печи – на заднем плане виден гусеничный кран (голубой) грузоподъемностью 1000 тонн, применяющийся для реконструкции печи.

Монтаж компонентов установки

В середине октября 2010 года начались работы по монтажу компонентов установки в зоне здания фильтровальной установки. При этом сначала были подняты полностью смонтированные ванны, размещаемые под воздушно-воздушным теплообменником и фильтром.

11 Подъем полностью собранного элемента колосника.





12 Состояние работ в конце декабря



13 Клинкерный холодильник уже опущен на свое место, головка печи смонтирована

После этого началось возведение дымовой трубы высотой 32 метра. В заключение были установлены трубные пучки воздушно-воздушного теплообменника и предварительно полностью собранный кожух фильтра (**Рис. 12**). Затем была установлена верхняя часть дымовой трубы. После прокладки трубопроводов отходящего воздуха на втором этаже можно было установить двухпоточный вентилятор отработанного воздуха.

Строительство здания холодильника Ost

Параллельно с работами по строительству здания фильтровальной установки между врачающимся сателлитным холодильником и существующим зданием угольной мельницы была возведена стальная конструкция здания холодильника. Расстояние между сателлитами и восходящей конструкцией составляло при этом всего лишь 300 мм. После окончания строительства этажных площадок были уложены сборные бетонные элементы перекрытия, что обеспечило доступ на этажи. Затем в подготовленные опорные подмости были уложены предварительно собранные и уже обмурованные пыле-отделительные циклоны. В то же самое время проводился полный монтаж трубопровода отходящего воздуха между зданием холодильника и воздушно-воздушным теплообменником. Кроме ощутимого сокращения объема работ во время монтажа основного оборудования эти меры, реализованные в чрезвычайно стесненных условиях, позволили накопить ценный опыт, который привел к дополнительной экономии времени в период остановки завода.

Предварительная сборка колосникового холодильника

Одновременно с описанными работами проводилось бетонирование фундаментов колосникового холодильника под сателлитным холодильником, а также установка трубчатых цепных транспортеров и камерных перегородок нижнего кожуха холодильника. Рядом с существовавшим ковшовым элеватором клинкера на доступном для крана удалении от места окончательного

монтажа были полностью смонтированы и выверены по ватерпасу подвижные и стационарные опорные конструкции колосникового холодильника. При этом были установлены, выверены и снова демонтированы плиты колосниковой решетки, которые были затем собраны в пакеты из трех рядов. На месте предварительной сборки был полностью смонтирован стационарный загрузочный конец холодильника. Остальные компоненты – дробилка, гидравлический агрегат и кожух – уже были доставлены на стройплощадку в виде узлов с максимальным размером, в связи с чем дополнительная предварительная сборка не требовалась.

Подготовка к демонтажу сателлитного холодильника
После остановки печного агрегата 17.12.2010 г. персонал завода Rohrdorfer Zement удалил огнеупорную футеровку печи и демонтировал отводы сателлитного холодильника. Работы по предварительному монтажу были завершены точно в срок перед рождественскими отпусками.

7.5 Работы во время остановки завода

Демонтаж сателлитного холодильника

Демонтаж был начат 03.01.2010 года после рождественских отпусков. При этом на первом этапе были удалены 10 сателлитных труб. После разрезки печи в продольном и поперечном направлении между бандажами 3 и 4 можно было двумя подъемами демонтировать верхнюю полусферу. Затем последовал демонтаж туннеля горелки и нижней полусферы печи. Сателлитный холодильник был полностью демонтирован за 7 дней.

Монтаж колосникового холодильника

После выполненной за один подъем установки предварительно смонтированной опорной конструкции колосникового холодильника можно было устанавливать колосниковые плиты в пакетах. Благодаря выверке, выполненной во время предварительной сборки, нужно было провести только тонкую юстировку. Одно-



14 Теплообменники для отбора тепла от серединного воздуха смонтированы

временно с этим было позиционировано неподвижное загрузочное устройство (KIDS) и смонтирован нижний кожух холодильника. В заключение были установлены вентиляторы холодильника вместе с каналом отбора воздуха ([Рис. 13](#)).

Монтаж стальных конструкций здания и компонентов установки

После монтажа кожуха холодильника, вентиляторов и т. д. выполнялась комплектация площадок на других отметках соответствующих участков здания. В то время как в передней зоне цементного завода еще продолжался снос фундаментов печи, а в средней зоне монтировалось перекрытие здания холодильника, в передней зоне можно было устанавливать предварительно собранную головку печи. При этом полезную роль сыграла также концепция использования сборных железобетонных перекрытий, которые при быстром монтаже сразу же обеспечивали возможность работы на этажах.

Так как одна колонна с натяжной головкой транспортера, проходящего между зданиями фильтровальной установки и холодильника, находилась в пределах нового здания холодильника, она была интегрирована в новое здание. В связи с изменившимися условиями пришлось переместить натяжную станцию в расположенный с восточной стороны гомогенизационный склад сырья. Транспортер поддерживался на модифицируемой колонне с помощью несущей конструкции между зданиями фильтровальной установки и холодильника. Эта конструкция была выполнена так, что транспортер можно было эксплуатировать также и в период его временного крепления.

По окончании монтажа установка была установлена окончательная опора, а временное устройство – удалено. После полного оснащения циклонной площадки можно было монтировать опорную конструкцию для теплопередающей установки, включая соответствующие коммуникации и площадки. Затем был установлен термомасляный теплообменник, как соединительное

звено с установкой SCR. Кроме того был установлен шаблон, резервирующий место для устанавливаемого позже подогревателя питательной воды электростанции ([Рис. 14](#)).

Монтаж обечайки разгрузочного конца печи

Параллельно с работами на колосниковом холодильнике работники цементного завода монтировали новую пролетную обечайку и бандаж, а специалисты IKN – разгрузочную голову печи. После тщательной подготовки и согласования эти тесно связанные друг с другом работы были проведены согласно плану.

Электротехническая инсталляция и «холодный пуск»

Там, где это было возможно, работники цементного завода одновременно с механическими работами всегда устанавливали электротехническое оборудование. После подключения отдельных компонентов к источникам питания и их соединения с ЦПУ можно было в период со середины до конца февраля проводить соответствующие пробные пуски соответственно с ходом механических работ. Благодаря выполненному заводскими специалистами детальному проектированию электротехнической части, пробным пускам отдельных агрегатов на заводах-изготовителях и продуманным прикладным программам на месте установки уже никаких неожиданностей не было. Поэтому при пуске в эксплуатацию инженеры и техники могли полностью сосредоточить внимание на эффективности работы отдельных приводов, управления всей установкой с ЦПУ, а также функционировании системы сигнализации.

8 Пуск печного агрегата

Уже во время монтажа были согласованы и подготовлены операции, необходимые для пуска установки. После монтажа в зоне колосникового холодильника, длившегося 55 дней, печной агрегат был снова пущен в эксплуатацию 11.03.2011 г. Хотя проведенная реконструкция затрагивала сердце производственной установки, уже через несколько дней был достигнут полный объем производства, а согласованные параметры производительности были даже превзойдены. 7 апреля 2011 года установка успешно выдержала эксплуатационные испытания. Участок SCR был сдан в эксплуатацию через 14 дней после пуска печи. При этом теплопередающая установка полностью отвечала ожиданиям завода SPZ.

Благодарность

Теплопередающая установка является составной частью установки SCR, которая – как демонстрационный объект – финансировалась банком KfW за счет средств программы экологических инноваций Федерального министерства окружающей среды, охраны природы и безопасности ядерных реакторов.