

## Video- und Temperaturüberwachung in der Zementproduktion

### Video and temperature monitoring in cement production

#### Die Ausgangslage

Zementklinker werden in einer Serie von Prozessen hergestellt, bei denen eine Mischung von Rohmaterialien wie Kalkstein, Silikat, Eisen- und Aluminiumoxid bis zu einer partiellen Schmelze bei ca. 1450 °C erhitzt wird. Der thermische Verlauf dieses so genannten Sinterprozesses entscheidet maßgeblich über die Qualität des Brennproduktes, des Klinkers. Deshalb ist für den Sinterprozess eine verlässliche und korrekte Regelung des Energieeintrages notwendig. Ein Verbrennungsprozess wandelt die im Brennstoff gespeicherte Energie in die notwendige Wärme zum Brennen (Sinterung) des Klinkers um. Wird dem Sinterprozess zu wenig Wärme zugeführt, bleiben große Restmengen von ungebranntem Kalkstein im Klinker (Freikalk), wogegen bei Wärmeüberschuss verkürzte Standzeiten der Feuerfestausmauerung des Drehrohres drohen. Beide Situationen führen zu verminderten Produktqualitäten und erhöhten Herstellungskosten.

#### Maßnahmen

Sowohl die etablierten Prozessleitsysteme als auch die Expertensysteme zur Prozessoptimierung, besonders aber die Anlagenfahrer der Produktion, benötigen verlässliche Echtzeitdaten aus dem Sinterprozess um den Ofenprozess, die Verbrennung und die Kühlung im Klinkerkühler optimal zu steuern (Fig. 1). Die intelligenten Sensoren der DURAG process & systems technology gmbh liefern diese benötigten Informationen direkt berührungslos aus dem Hochtemperaturprozess. Dies sind die folgenden Onlinedaten, welche im Allgemeinen mit der Standardinstrumentierung nicht messbar sind:

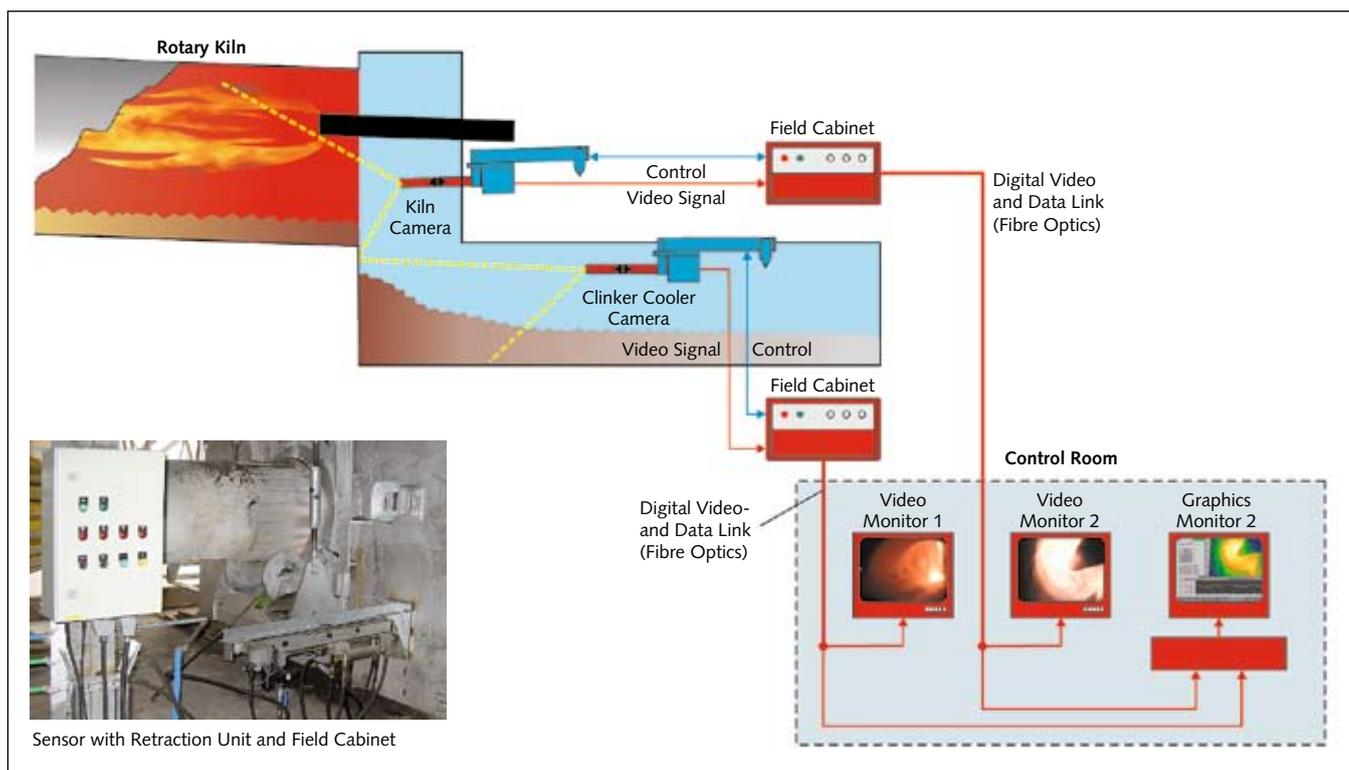
#### Starting point

Cement clinker is manufactured in a series of processes where the raw material, mainly a mixture of limestone, silica, iron and aluminum oxides, is heated to a partial melt at 1450 °C. This sintering process is critical to the quality of the cement and requires accurate control of the energy input. A combustion process is required to transform the chemical fuel energy into the heat to burn the clinker. Insufficient heat will cause the clinker to contain freeline whereas excess heat will shorten the life of the refractory bricks in the kiln which may damage the kiln shell. Both conditions diminish product quality or increase process costs.

#### Measures

Process control systems, as well as expert systems for optimization tasks and even more the kiln operator need reliable online data from the sintering process to control the kiln and optimize the combustion and cooling processes in the clinker cooler (Fig. 1). The DURAG Intelligent Sensor System gathers reliable online information out of the high temperature burning process which is not measurable with the standard process instrumentation:

- Real time and colour video presentation of the sintering zone at kiln outlet
- Clinker bed formation and condition on the initial third of the clinker cooler's grate
- Detection of flame form, flame position and irregularities of the main burner



1 Kontrolle des Klinkerbrennprozesses

1 Clinker burning process control



2 Videobild  
2 Video picture

- Echtzeit Farbvideodarstellung der Sinterzone am Ofenauslauf
- Klinkerbettbildung und Situation auf dem ersten Drittel des Klinkerkühlerrostes
- Erkennung der Flammenform, Flammenposition und von Anomalien am Hauptbrenner
- Erkennung der Brennerposition und dessen Zustand
- Temperaturmessungen der Sinterzone, der Hauptbrennerflamme und des Klinkers
- Messung der Temperaturverteilung im Sinterbereich mit örtlicher Auflösung
- Bewertung der Strahlungsenergie und Strahlungsleistung der Hauptbrennerflamme

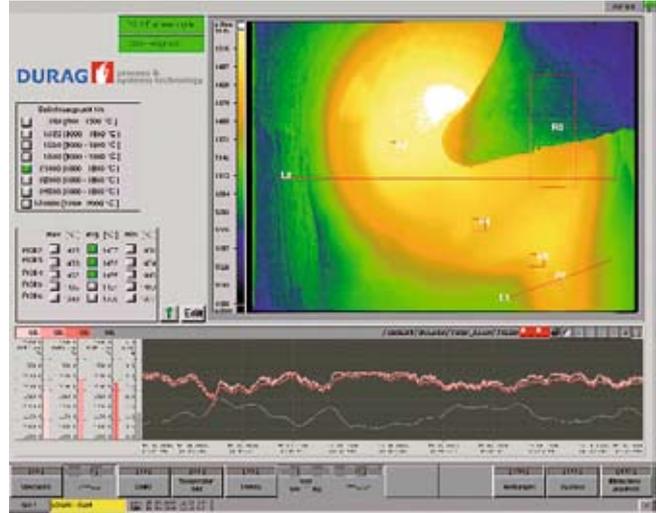
**Videosystem: Farbvideodarstellung**

Die unterbrechungslose Echtzeit-Farbvideodarstellung der Sinterzone oder des Klinkerkühlers wird auf Videomonitoren im Kontrollraum angezeigt (Bild 2). Diese Videoinformationen liefern aus dem Drehrohr Informationen über Flammenform und -position, Position des Brennerkopfes und dessen Zustand, Klinkerbettbedingungen wie Schichtdicke und Konsistenz, Anbackungen und Ringbildung. Typische Situationen aus dem Klinkerkühler wie „Snowman“ und „Redriver“ werden erkannt.

**Thermografiesystem: Analyse der Flammentemperaturverteilung**

Das DURAG process & systems technology Thermografiesystem ist ein ortsauflösendes optisches Pyrometer. Es arbeitet auf Basis der Bilddatenverarbeitung und bietet zum Videosystem zusätzlich (Bild 3):

- die thermische Analyse der örtlichen Temperaturverteilung (Thermografiebild) aus dem Gesichtsfeld des Videosystems
- eine Temperaturbestimmung innerhalb frei definierbarer Messfenster und -linien (ROI = Region of Interest/LOI = Lines Of Interest).
- Analyse von thermischen Mustern zur Erkennung von Anomalien



3 Thermografiebildschirm  
3 Thermography screen

- Detection of burner nozzle position and condition
- Temperature measurement from the sintering zone, flame and clinker bed
- Temperature distribution with spatial resolution
- Evaluation of radiation energy of the flame.

**Video system: colour video image**

The real-time visual information of the sintering zone or of the clinker cooler is permanently displayed on the video monitors in the control room (Fig. 2). The information from the video system will be an online coloured insight into the kiln with presentation of flame form and position, burner nozzle position and condition, clinker bed situation with thickness, caking and formation of rings. Conditions like "snowman" and "red river" in the cooler are detected and shown.

**Thermographic system: Analysis of the flame temperature distribution**

The DURAG Thermography System is an optical pyrometer based on video data processing. In addition to the video system using false colour imaging it provides methods for (Fig. 3):

- Determining the spatial temperature distribution out of the field of view of the sensors video system (thermal image)
- Measuring the temperature inside freely definable objects (ROI = Region of Interest) and on user definable lines (LOI = Line of Interest)
- Analyzing of thermal patterns to reveal anomalies.



4 Feuerraumsensor mit Rückzugseinheit (Luft und Wasser gekühlt)  
4 Water and air cooled sensor with retraction unit

Alle Daten des Thermografiesystems können über eine genormte Datenschnittstelle für au-



5 Feuerraumsensor mit Rückzugseinheit und Feldschrank  
5 Sensor with retraction unit and field cabinet

tomatisierte Regel- und Steuereingriffe an ein übergeordnetes Prozessleitsystem des Kunden übertragen werden.

### Anwendungsnutzen

Die optische Onlineanalyse der Sinterzone mit dem Videosystem liefert eine Anzahl von qualitativen Bewertungskriterien, wie zum Beispiel Klinkerbetthöhe und -konsistenz, Staubgehalt im Ofen und im Klinkerkühler, „Snowman“- und „Redriver“-Situationen im Klinkerkühler, und gibt dem Anlagenfahrer somit die Möglichkeit, den Ofen- und Klinkerkühlerprozess zu bewerten. Besonders bei der Verbrennung alternativer Brennstoffe können durch plötzliche Änderungen der Brennstoffheizwerte und der Verbrennungseigenschaften signifikante Variationen in der Produktqualität des Zementklinkers auftreten. Die thermische Analyse des Sinterprozesses mit dem Thermografie-System liefert explizit Daten aus dem Sinterprozess, die zur Steuerung und Regelung des Ofenprozesses auch direkt in der Prozessleittechnik verwendet werden können. Diese Informationen führen zur aktiven Kontrolle und Regelung von:

- Gesamtbrennstoffmenge des Hauptbrenners
- Zusammensetzung des Brennstoffgemisches bei Verwendung von Sekundärbrennstoffen
- Rohmehlmenge und Drehzahl des Ofens
- Vorhersagende Instandhaltung
- Menge und Verteilung der Kühlluft im Klinkerkühler
- Rostgeschwindigkeit im Klinkerkühler

### Systemkomponenten

Um einen möglichst großen und uneingeschränkten Beobachtungsraum zu gewährleisten, werden die Sensoren mit ihren optischen Systemen direkt in den Hochtemperaturbereich am Ofenkopf und Klinkerkühler eingefahren (**Bilder 4 und 5; Tabelle 1**). Typische Installationsorte sind die Ofentür am Ofenkopf und die Seitenwand des Klinkerkühlers. Für letztere Installation wird ein Sensor mit 45° abgewinkelter Optik verwendet. Um den typischen Temperaturen zwischen 700°C bis 1400°C am Einbauort standzuhalten, sind die Sensoren Wasser gekühlt und Luft gespült. Zur Onlinevisualisierung der Sinterzone und des Klinkerkühlers wird je Sensor ein Videomonitor und zur Thermografie- und Temperaturverteilungsanalyse ein System-PC mit Grafikmonitor (max. Verarbeitung von 2 Sensoren möglich) im Kontrollraum eingesetzt.

Info: [www.durag.de](http://www.durag.de)

**Tabelle 1:** Ausgewählte Installationen

**Table 1:** Selection of installations

Client	Plant	Country	Installation
Wietersdorfer& Peggauer	Wietersdorf	AT	kiln/grate cooler
Cemex	Rüdersdorf 3/4/5	DE	kiln
Lafarge	Retznei	AT	kiln/grate cooler
Holcim	Siggenthal	CH	kiln/grate cooler
HeidelbergCement	Mielke Geseke	DE	kiln
HeidelbergCement	Romcif Fieni	RO	kiln/grate cooler
Rohrdorfer	Rohrdorf	DE	kiln
Buzzi Unicem	Vernasca	IT	kiln
Elazig Cemento	Elazig	TR	kiln/grate cooler
Italcementi	Calusco	IT	kiln/grate cooler
Italcementi	Malaga	ES	kiln/grate cooler
Carpatcement	Bicaz	RO	kiln/grate cooler
Pioneer Cement	Jahaurabat	PK	kiln/grate cooler
Adana Cimento	Adana I + II	TR	kiln
Colacem	Rassina	IT	kiln
Thai Pride Cement	Saraburi	TH	kiln

All data gathered from the high temperature process such as analytical data and temperature measurements are available for the control systems via standard interfaces.

### User benefits

The optical online analysis of the sintering process provides a number of qualitative assessments such as clinker size, flame conditions, turbidity and kiln dust level as well as “snowman” and “red river” conditions in the clinker cooler entry. The Video System helps the operator to evaluate the current process conditions. Especially when utilizing alternative fuels their calorific values might change unexpectedly and subsequently the sintering process and the quality of the clinker produced are significantly influenced. The thermal online analysis of the sintering process with the thermography system provides explicit data and information from the sintering process. These data are the real-time basis for the automatic process control and for the operator to take objective appraisals concerning the process and product quality and to take active control of:

- The amount of fuel for the main burner
- The composition and ratio of secondary fuels for the main burner
- The amount of raw material and the rotary speed of the kiln
- Predictive maintenance
- The amount and distribution of cooling air in the clinker cooler
- The feed rate for grate in the clinker cooler.

### System Components

To guarantee the largest possible observation space, the sensors with their optical systems are directly inserted into the high temperature areas at the kiln hood and the clinker cooler (**Figs. 4 and 5; Table 1**). Typical installations are in the oven door at the kiln hood and the side wall of the cooler housing. For this sensor a 45° optical elbow objective is used. To resist the high temperature and dusty environment conditions in this area the sensors are water cooled and the optical lens systems are air purged. For online visualization of the processes in the sintering zone and in the clinker cooler, one video monitor for each sensor and for thermography and temperature measurement one system PC with a graphic monitor is needed (connection of max. 2 sensors possible) in the control room.

Info: [www.durag.de](http://www.durag.de)