

## Supporting document 2

### Impact of slag addition on dry kiln operation

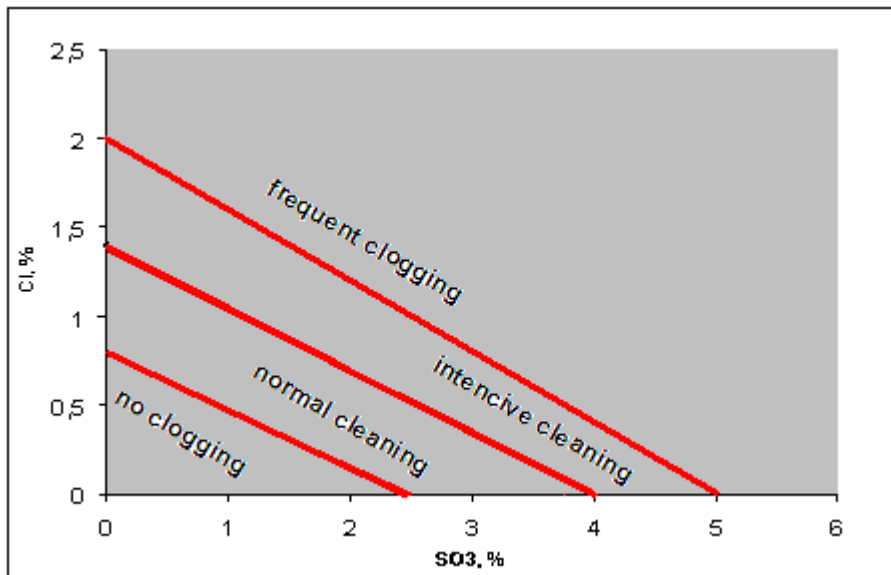
#### 1. Outages of kiln system during 1-st half of 2008

Reason	Outage time, h	% of total outages time	Number of outages
Clogging of raw mill in cyclones	89.90	36.2	6
Mechanical part of kiln and cooler outage	52.55	21.1	2
Outage for cleaning of kiln main exhaust fan	36.40	14.6	4
Electrostatic precipitator electrical part repair	24.00	9.7	1
Electrical part of kiln outage	19.30	7.8	3
Outage for cooler cleaning	11.50	4.6	1
Other reasons	10.89	4.4	2
Power cut-outs	4.00	1.6	1

The data in the table above shows that the main outage time is clogging of the raw mill in cyclone system which results in i) production losses due to kiln stops, ii) additional labor and material cost.

#### 2. Influence of chlorine and sulphur on clogging of materials

High content of sulphur compounds in slag lead to increase in clogging of raw mill in cyclone system (also see simplified diagram below).



Indirectly it also influences on the requirements to select the ferrous additives. For example, blast furnace throat dust, traditionally widely used before as ferrous additive, has high chlorine content and, in combination with slag, creates simultaneous high concentration of sulphur and chlorine, which causes plugging in cyclones. Due to this fact, the plant has to use another ferrous additive, the ill-conditioned fraction of iron ore, which has low chlorine content, but contains less ferrum, is harder to grind and has high content of low reactive crystalline quartz.

As a reference material explaining the reasons causing clogging or ring building, the two documents are included in supporting document 1 (SD1), the first is an article in “Cement-Calcium-Gypsum magazine” named “Reactions associated with the kiln gases. Cyclic processes of volatile substances, coatings, removal of rings”, it has a summary of article in English at page 11. The second one is a report in Portland Cement Association R&D Information issue #1996 named “Kiln exit build-ups: study of alkali and sulfur volatilization” by Presbury B. West. Below the title pages and abstract in English are presented.

VERLAG UND SCHRIFTFLEITUNG: BAUVERLAG GMBH, WIESBADEN, KLEINE WILHELMSTRASSE 7  
TELEFON: SA-NR. 39515, FERNSCHREIBER: 04-186792, HERAUSGEBER: MICHAEL SCHIRMER, WIESBADEN

**Reaktionen im Bereich der Ofengase\*)**  
Kreisläufe flüchtiger Stoffe, Ansätze, Beseitigen von Ringen

*Reactions associated with the kiln gases*  
*Cyclic processes of volatile substances, coatings, removal of rings*

*Les réactions dans les gaz du four*  
*Les circuits de matières volatiles, enlèvement d'anneaux*

Von F. W. Locher, S. Sprung und D. Oplitz, Forschungsinstitut der Zementindustrie, Düsseldorf

Dok.-Nr.  
0-8.162  
Polytech A. G.  
- Dortmund  
Literatur-Nr.  
30-1.24  
vertrieben am

**1. Einleitung**

Der Gasstrom im Zementofen, der dem Brenngutstrom entgegenläuft, enthält außer Brenngutstaub im wesentlichen Alkali-, Schwefel-, Chlorid- und Fluoridverbindungen, die aus verdampften und dissoziierten Bestandteilen des Brenngutes und des Brennstoffs durch Reaktion vorwiegend im Ofengas entstanden sind. Reagieren sie mit dem Brenngut oder werden sie in den kälteren Bereichen des Ofens, im Vorwärmer oder in nachgeschalteten Trocknungsanlagen auf dem Brenngut niederschlagen, so bilden sie einen „inneren Kreislauf“. Werden sie dagegen in den Gasreinigungsanlagen abgeschieden und dann dem Rohstoffgemisch wieder zugesetzt, so entsteht ein geschlossener „äußerer Kreislauf“. Der äußere Kreislauf ist unterbrochen, wenn sie mit dem abgedehnten Staub verworfen oder mit dem Reingas emittiert werden.

Durch die Kreisläufe werden die betreffenden Bestandteile im Brenngut angereichert. Infolgedessen erhöht sich auch ihre Konzentration im Zementklinker, im Grenzfall auf den Wert, der sich aus der Zusammensetzung des Rohstoffgemisches ohne Verdampfungsverluste errechnen läßt. Die Anreicherung im Brenngut kann dessen Verhalten im Zementofen, insbesondere seine Haftfähigkeit und seine Schmelzeigenschaften, wesentlich verändern und somit zur Bildung unerwünschter Ansätze beitragen. Außerdem ist auch mit einer unmittelbaren Reaktion zwischen den Bestandteilen des Ofengases und dem festen Brenngut zu rechnen, die ebenfalls Ansatz- und Ringbildung hervorzurufen kann.

\*) Generalbericht Fortschritt IV, VDE-Beleg 73 Verfahrenstechnik der Zementherstellung, Düsseldorf (28. 9. — 1. 10. 1972)

Die Reaktionen im Ofengas sowie zwischen Ofengas und Brenngut beeinflussen in entscheidendem Maß auch die Emission gasförmiger Verbindungen. Je größer der Anteil ist, der infolge der Reaktionen im Brenngut verbleibt, um so weniger wird emittiert.

Der vorliegende Bericht befaßt sich zunächst mit den Kreisläufen der Alkali-, Schwefel-, Chlorid- und Fluoridverbindungen und geht dabei auch auf die Emission dieser Stoffe ein. Im Anschluß daran werden die Auswirkungen auf den Ofenbetrieb, insbesondere ihre Bedeutung für die Ansatz- und Ringbildung behandelt sowie Maßnahmen zur Vermeidung oder Beseitigung von Betriebsstörungen erörtert.

**2. Kreisläufe**

**2.1 Staub**

Der Staubgehalt der Ofengase spielt insbesondere dann eine entscheidende Rolle, wenn die Anreicherung der flüchtigen Bestandteile im Ofen und im Vorwärmer durch Eingriffe in deren inneren und äußeren Kreislauf verändert werden soll. Der innere Kreislauf kann z. B. durch einen Gas-Beipfaß herabgesetzt werden, der den Vorwärmer umgibt und den abgesaugten Teilstrom des Ofengases unmittelbar einer besonderen Gasreinigungsanlage zuführt. Die in dem Teilgasstrom enthaltenen kondensierten flüchtigen Bestandteile werden zusammen mit dem Brenngutstaub abgeschieden und anschließend abgeführt. Der äußere Kreislauf kann dadurch unterbunden werden, daß der Staub, in dem die flüchtigen Bestandteile angereichert sind, nach Durchgang des Ofengases durch den Vorwärmer und gegebenenfalls durch die Trocknungs- oder Miltrocknungsanlage abgeschieden und abgeführt wird.



## Research and Development Information

5420 Old Orchard Road • Skokie, IL 60077-1083 • Fax: (708) 966-9781 • (708) 966-6200

PCA R&D Serial No. 1996

### **Kiln Exit Build-Ups: Study of Alkali and Sulfur Volatilization**

by Presbury B. West

© Portland Cement Association 1995

**KILN EXIT BUILD-UPS:  
STUDY OF ALKALI AND SULFUR VOLATILIZATION**

by  
Presbury B. West\*

**ABSTRACT**

This report contains a bibliography of articles on cement kiln processes that affect the formation of kiln exit build-ups. Articles are included on the following topics: alkali, chlorine, and sulfur cycles, dust cycles, air blasters, by-pass systems, mathematical models of cyclic processes, and volatility of alkalies, chlorine, and sulfur. The citations came from a computer literature search and are supplemented with other references found in the PCA library. Many of the citations include either an abstract or a list of keywords.

Experimental work is reported on volatility of alkalies and sulfur from kiln feeds and 4th stage materials. Alkalies and sulfur are key components of kiln gases which react to form build-ups. Samples from three preheater and three precalciner kilns were studied. Volatility of alkalies and sulfur is usually less for 4th stage materials than for kiln feeds. Fourth stage materials from precalciners generally have lower alkali and sulfur volatility than similar materials from preheater kilns. It is concluded that increases of the sulfur-alkali molar ratio may cause the observed decreases in volatility. Potassium is more volatile than sodium for both kiln feeds and 4th stage materials. Addition of sulfates, changing the molar ratio of  $SO_3-Na_2O$  alkali equivalent to near 1.0, decreases the volatility of both sulfur and alkalies.

Thermal gravimetric experiments using kiln feeds indicated that calcination was not affected by the presence of 5% coal. Another series of experiments investigated the effect of oxygen on calcination; results were inconclusive. Future work is suggested on the effect of reducing conditions on volatilization, and testing models of cyclic phenomena in cement kilns.

**Keywords:** alkali bypass, alkali cycles, alkali volatility, cement manufacturing, kiln exit build-ups, portland cement, precalciners, preheaters, sulfur cycles, sulfur volatility.

**SCOPE**

This report describes the experiments performed and discusses the results of those experiments. In this project, the volatility of alkalies and sulfur was evaluated as well as the differences in their volatility between kiln feeds and fourth stage materials, because of their importance in modeling internal cycles in cement kilns. The differences of these same volatilities between preheater and precalciner kiln samples were also examined. The effect of reducing conditions and especially the presence of coal on the calcination of kiln feeds was the

\* Senior Scientist, Construction Technology Laboratories, Inc. (CTL)  
5420 Old Orchard Road, Skokie, IL 60077  
(Phone 708-965-7500 x231, Fax 708-965-6541 )

### 3. Financial losses occurred due to kiln stops caused by clogging of cyclones

Period	1-st half 2008
Kiln output, t clnk/hour	152,92
Duration of kiln outage, hours	89,90
Clinker volume not produced due to outages, tonnes	13 747
Clinker purchased price, UAH/ton clnk	428,90
Clinker variable production cost, UAH/ton clnk	245,21
Cost of clinker replacement (purchase), UAH	2 525 275
Additional fuel consumption due to kiln outages, GJ	4 200
Fuel price, UAH/GJ	33,15
Additional fuel cost, UAH	139 237
Additional electricity consumption due to kiln outages, MWh	90
Electricity price, UAH/MWh	327,03
Additional electricity cost, UAH	29 433
Exchange rate, UAH/Euro <sup>1</sup>	7,655
Total cost (clinker replacement, additional fuel and electricity), UAH	2 693 944
<b>Total cost (clinker replacement, additional fuel and electricity), Euro</b>	<b>351 910</b>

<sup>1</sup> National Bank of Ukraine, [http://www.bank.gov.ua/ENGL/Fin\\_mark/Kurs\\_mid/kurs\\_96-last.htm](http://www.bank.gov.ua/ENGL/Fin_mark/Kurs_mid/kurs_96-last.htm)