

# RODZAJE CHŁODNIKÓW STOSOWANYCH DO CHŁODZENIA KLINKIERU CEMENTOWEGO

Bożena Wilczyńska

Katedra Techniki Ciepłej i Metrologii, Wydział Mechaniczny  
Akademia Techniczno-Rolnicza  
al. Prof. S. Kaliskiego 7, Bydgoszcz

W artykule przedstawiono rodzaje chłodziaków stosowanych do chłodzenia klinkieru cementowego, schematy budowy poszczególnych typów chłodziaków oraz ich zalety i wady w procesie wytwarzania cementu.

Słowa kluczowe: chłodzenie, chłodziaki, klinkier cementowy

## 1. WSTĘP

Ważnym czynnikiem, rzutującym na kierunek rozwoju procesów technologicznych jest rodzaj stosowanych metod produkcji. Spośród dwóch metod stosowanych w produkcji cementu: suchej i mokrej, w ostatnich latach obserwuje się przewagę tej pierwszej. Do czynników o tym decydujących należą:

- a) większa sprawność energetyczna procesu wypalania klinkieru,
- b) większa jednostkowa wydajność klinkieru z 1 m<sup>3</sup> objętości pieca na dobę,
- c) mniejsze nakłady inwestycyjne zarówno na zakup i montaż maszyn, jak i na roboty budowlano-montazowe.

## 2. WPŁYW CHŁODZENIA NA JAKOŚĆ KLINKIERU CEMENTOWEGO

W technologicznej linii produkcji cementu najważniejszym ogniwem jest węzeł wypalania klinkieru z piecem obrotowym. Na jego dobrą i ekonomiczną pracę duży wpływ ma końcowa operacja procesu wypalania klinkieru. Spełnia ona podwójną funkcję. Z jednej strony, przez maksymalny odzysk ciepła z wypalanego już klinkieru, wpływa na podwyższenie wydajności pieca (efekt rekuperacyjny), z drugiej w wyniku właściwego sposobu i szybkości chłodzenia jakość klinkieru cementowego, które to cechy mają znaczenie w dalszym toku jego przeróbki (efekt chłodzenia). Stwierdzono, że szybkość chłodzenia klinkieru po wyjściu z pieca wpływa istotnie na: kształt i wielkość ziaren, stopień zdefektowania struktur krystalicznych, skład fazowy i inne wielkości. Duże szybkości chłodzenia ułatwiają tworzenie struktury drobnoziarnistej zawierającej kryształy alitu o kształcie igłowym lub płytkowym oraz dendrytyczne belitu. Małe zaś szybkości chłodzenia zapewniają tworzenie struktur gruboziarnistych. Kształt i wielkość ziaren zawartych w klinkierze wpływa z kolei na własności mecha-

niczne oraz procesy wymiany ciepła zachodzące pomiędzy ziarnami klinkieru a opływającym je czynnikiem chłodzącym.

### 3. PRZEGLĄD URZĄDZEŃ CHŁODZĄCYCH

Tylko w niewielu elementach urządzeń dla produkcji cementu nastąpił w ostatnich latach tak wszechstronny i szybki postęp, jak w przypadku chłodnic klinkieru.

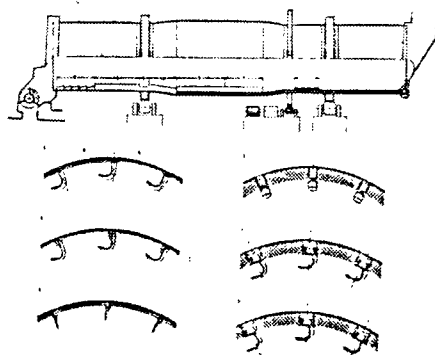
Cechy konstrukcyjne chłodników muszą zapewnić określoną dynamikę ruchu materiału oraz procesów wymiany ciepła. W procesie wypalania tworzą się ziarna klinkieru o wielkości od 10 do 100 mm, co powoduje znaczny rozrzut własności fizycznych ziarn małych i dużych. Do czynników utrudniających proces chłodzenia zaliczyć należy nierównomierny przebieg wypalania, powodujący chwilowe spiętrzenie materiału, wahania temperatury oraz duże ilości pyłu klinkierowego.

Chłodniki muszą być urządzeniami wysoko sprawnymi jako wymienniki ciepła o dużej elastyczności, pozwalającej na uzyskanie dużych sprawności przy stosunkowo szerokich granicach wahań temperatury i ilości klinkieru opuszczającego piec i wychodzącego do chłodnika. Ważne jest aby ilość powietrza przeznaczanego do chłodzenia skolelować z potrzebami pieca. Również szybkość schładzania klinkieru, szczególnie w początkowej fazie, ma istotny wpływ na strukturę wewnętrzną czyli na jakość i podatność do mielenia.

#### 3.1. PODSTAWOWE ROZWIĄZANIA WSPÓLCZESNYCH CHŁODNIKÓW

##### 3.1.1. Chłodnik rurowy

Jest najstarszym urządzeniem chłodzącym w piecach obrotowych. Wykorzystywane jest obecnie w mniejszych piecach, gdyż stosowanie ich w liniach o dużych wydajnościach powoduje szereg trudności konstrukcyjno-eksploatacyjnych związanych z przyjęciem dużych mas gorącego klinkieru spadających z dużych wysokości oraz koniecznością wzrostu długości chłodzenia. Schemat typowego chłodnika rurowego przedstawia rysunek 1.

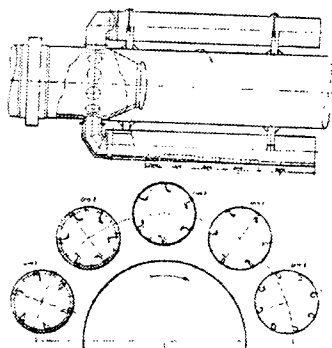


Rys. 1. Schemat budowy typowego chłodnika rurowego

Fig. 1. Scheme of construction for typical tube cooler

### 3.1.2. Chłodnik planetarny

Chłodniki planetarne należą do grupy urządzeń szybko schładzających klinkier, a własność samoregulacji temperatury oddziałuje korzystnie na pracę węzła termicznego.



Rys. 2. Schemat budowy chłodnika planetarnego

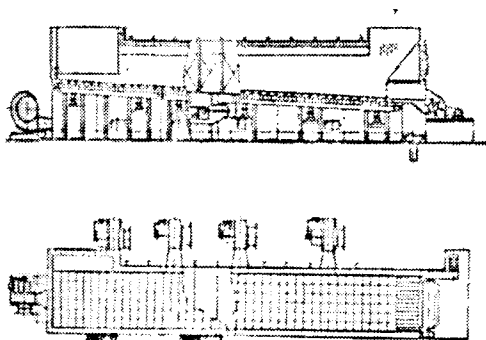
Fig. 2. Scheme of construction for planetary cooler

### 3.1.3. Chłodnik rusztowy

Obróbka cieplna klinkieru w tych chłodnikach może być prowadzona z możliwością sterowania procesami cieplnymi przebiegającymi w klinkierze przy jego schłodzeniu od temperatury wyjścia z pieca, aż do żądanej temperatury końcowej.

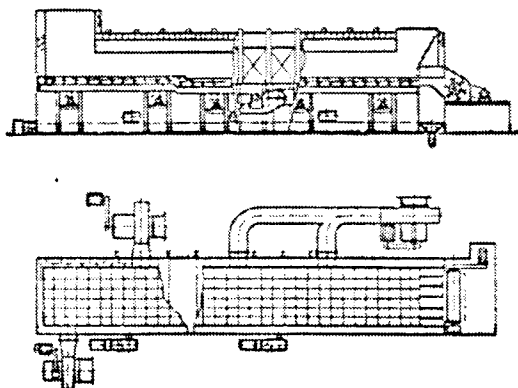
Chłodniki rusztowe różnych firm różnią się między sobą dość znacznie, tak wyróżnia się następujące odmiany konstrukcyjne :

- chłodniki rusztowe o ruchu posuwisto-zwrotnym z rusztem poprzecznym,
- chłodniki rusztowe o ruchu posuwisto-zwrotnym z rusztem pionowym,
- chłodniki o ruchu posuwisto-zwrotnym z rusztem kombinowanym,
- chłodnik rusztowy z rusztem przesuwным.



Rys. 3. Schemat budowy chłodnika poprzecznego

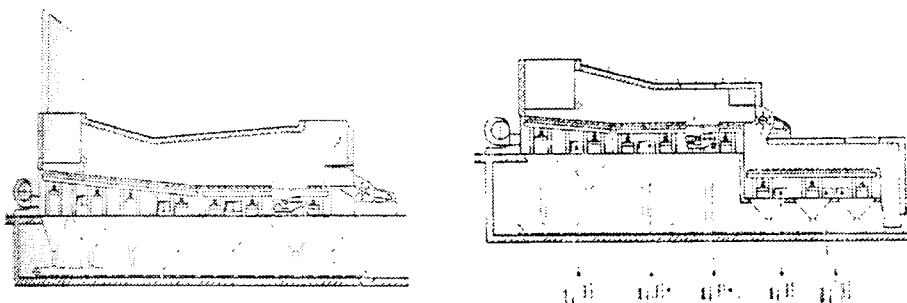
Fig. 3. Scheme of construction for transverse cooler



Rys. 4. Schemat budowy chłodnika poziomego

Fig. 4. Scheme of construction for horizontal cooler

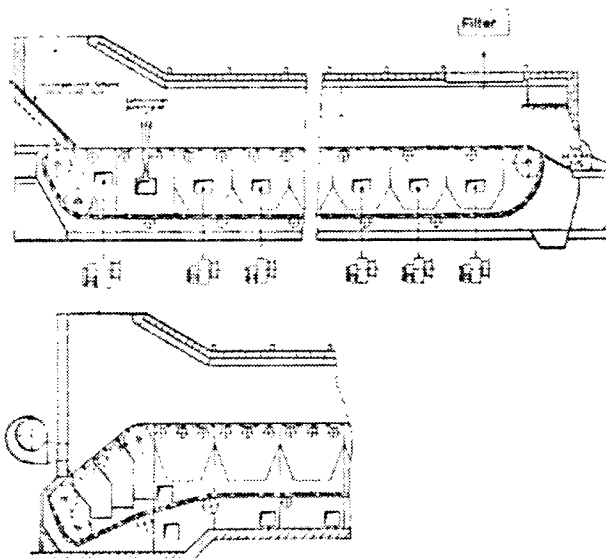
Chłodnik kombinowany stanowi rozwinięcie chłodnika poziomego. Chłodniki tego typu stosowane są obecnie w liniach o dużych wydajnościach do 10000 t/24h. Wykorzystywane są tu układy wielostopniowe z zastosowaniem kruszenia pomiędzy drugim a trzecim stopniem. Układy te pozwalają na intensywny odbiór ciepła powodując schłodzenie klinkieru do temperatury około 65°C. Rozwiązanie konstrukcyjne chłodnika kombinowanego przedstawiają rysunki 5 i 6.



Rys. 5. Schemat budowy chłodnika kombinowanego: a) standard. b) z zastosowaniem kruszenia międzystopniowego.

Fig. 5. Scheme of construction for combined cooler: a) standard. b) with use of graded milling

Chłodnik z rusztem przesuwным budowany jest obecnie do wydajności 3000 t/24h, przy czym obciążenie mechaniczne rusztu dochodzi do 34 t/m<sup>2</sup>/24h. Rozwiązanie konstrukcyjne przedstawiono na rysunku nr 6.



Rys. 6. Schemat budowy chłodnika z rusztem przesuwным

Fig. 6. Scheme of construction for cooler with movable grate

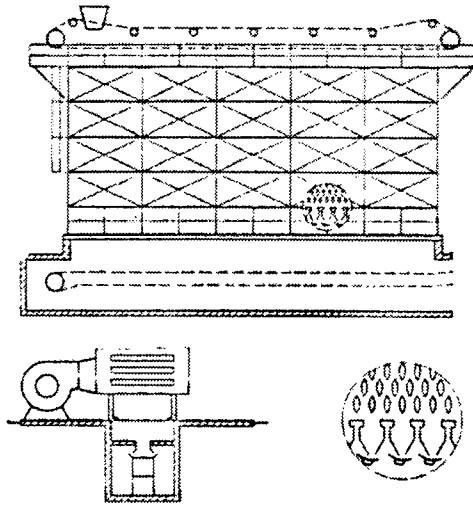
### 3.1.4. Chłodnik grawitacyjny

Chłodniki tego typu występują w dwóch odmianach konstrukcyjnych:

- a) chłodnik szybowy,
- b) chłodnik „g”.

Chłodnik szybowy ma dość ograniczone zastosowanie z uwagi na uzyskanie nieokreślonego składu granulometrycznego klinkieru z pieca. Chłodnik ten ma niską sprawność cieplną rzędu 78%, co powoduje, że temperatura końcowa klinkieru wynosi 350°C.

Chłodnik „g” zaprojektowano w latach 70-tych. Jest to instalacja służąca do schładzania klinkieru, współpracująca najczęściej z chłodnikami rusztowymi kombinowanymi w liniach o wydajności powyżej 2000 t/24h. Klinkier podawany po uprzednim rozdrobnieniu w kruszarce młotkowej podlega rozdzieleniu na poszczególne szyby chłodnika, gdzie opadając grawitacyjnie podlega schłodzeniu w przeciwnym przepływie powietrza. Ochłodzenie klinkieru następuje poniżej 100°C, przy temperaturze na wejściu chłodnika ok. 500°C. Jest to konstrukcja eliminująca konieczność instalowania w obiegu urządzeń odpylających.



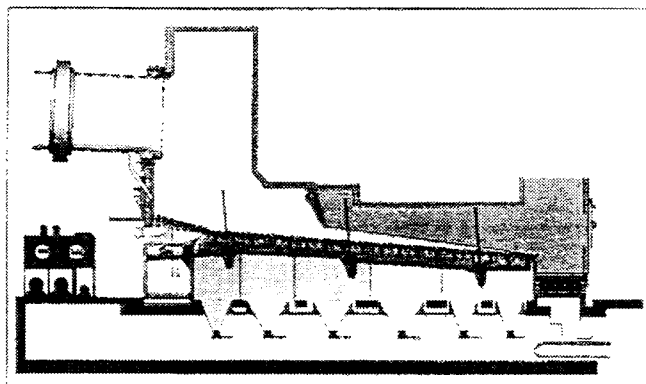
Rys. 7. Schemat budowy chłodnika „g”

Fig. 7. Scheme of construction for cooler type 'g'

### 3.1.5. Nowoczesne chłodniki w Polskich cementowniach

Jednym z najnowocześniejszych rozwiązań stosowanych w przemyśle ceramicznym jest obecnie chłodnik rusztowy firmy IKN typu Pendulum zastosowany w Cementowni Górażdże (po modernizacji w 2003 roku). Podstawowa zasada działania chłodnika Pendulum opiera się na wahadłowej pracy rusztu podwieszonego za pomocą specjalnych cięgien do konstrukcji chłodnika. Ruszt składa się z dwóch części, jednej nieruchomej nachylonej pod odpowiednim kątem, oraz drugiej ruchomej podwieszonej do konstrukcji chłodnika. Mechanizm chłodzenia polega na wprowadzeniu w złożę klinkieru powietrza chłodzącego przez odpowiedni system dysz Coandy, zakończonych zakrzywionymi szczelinami. Poprzez szczeliny dysz oraz szczeliny znajdujące się pomiędzy rzędami ruchomymi a stałymi wytwarzane są poziome strumienie powietrza chłodzącego. Po uderzeniu w cząsteczki klinkieru stają się strumieniami pionowymi, które zabierają i unoszą najdrobniejsze cząsteczki klinkieru na powierzchnię złoża. Równomierne napowietrzenie oczyszcza pory z najdrobniejszych cząstek, umożliwiając przepływ powietrza chłodzącego poprzez wszystkie warstwy klinkieru. Pozostałe grubsze cząstki materiału przesuwane są dalej przez ruchome rzędy rusztu. Zawieszenie wahadłowe i sztywna ruchoma rama zapewniają utrzymanie szerokości szczelin. Zastosowany w Cementowni Górażdże chłodnik firmy IKN jest jednym z najnowocześniejszych urządzeń do chłodzenia klinkieru, a jego konstrukcja zapewnia bardzo dobre ochłodzenie klinkieru ( $100^{\circ}\text{C}$  + temperatura otoczenia), przy małym zużyciu energii elektrycznej ( $3,83\text{kW/t}$  klinkieru).

Cementownia „KUJAWY” po modernizacji w 2003 roku zastosowała nową linię do produkcji klinkieru o wydajności 4500 t na dobę. Wypalony klinkier o temperaturze  $1400^{\circ}\text{C}$  trafia z pieca do chłodnika rusztowego REPOL - RS, którego zadaniem jest schłodzenie klinkieru do temperatury  $90^{\circ}\text{C}$ . Chłodnik wyposażony jest w dwa ruszty, pomiędzy którymi wmontowana jest kruszarka walcowa.



Rys. 8. Przekrój rusztu wahadłowego IKN

Fig. 8. Cross-section of the IKN cooler

#### 4. PODSUMOWANIE

Poszczególne rozwiązania konstrukcyjne stosowanych chłodników powinny odznaczać się dużą pewnością ruchu i możliwością zastosowania automatyzacji. Chłodnik winien dostosować się do każdorazowej zmiany warunków chłodzenia w sposób pewny i bezawaryjny. Jego konstrukcja musi gwarantować długi, (dłuższy niż pieca) okres międzyremontowej, wolnej od postojów pracy. Kształt i wielkość ziaren zawartych w klinkierze wpływa na własności mechaniczne oraz procesy wymiany ciepła zachodzące pomiędzy ziarnami klinkieru a opływającym je czynnikiem chłodzącym. Dlatego proces wstępnego rozdrabniania pozwala na uzyskanie określonej, wielkości ziarna klinkieru, co jest związane z możliwością maksymalnego odzyskania ciepła niesionego z klinkierem. Chłodzenie materiału wychodzącego z pieca zależy w sposób decydujący od wielkości ziarna. Jeżeli materiał chłodzony przechodzi przez cały obszar chłodnika w niezmięnionej granulacji ziarna, to poszczególne kawałki klinkieru chłodzone są w sposób zróżnicowany. Średnia temperatura klinkieru jest wysoka, nawet przy dużych ilościach chłodzącego powietrza, co umożliwia przedostanie się na urządzenia transportowe kawałków klinkieru w stanie rozżarzonego.

Wstępne rozdrobienie pozwala na chłodzenie dwustopniowe. Umożliwia także osiągnąć korzystniejsze i bardziej równomierne chłodzenie, a tym samym lepszą jakość klinkieru, a to z kolei pozwala na uzyskanie cementu wyższych marek.

#### LITERATURA

- [1] Franus G., 2003. Modernizacja linii piecowej nr 1 Cementowni Górażdże – chłodnik. AGH. Kraków. CWB 8, 188-192.
- [2] Rajowski D., 2003. Cementownia „Kujawy” po modernizacji. AGH. Kraków. CWB 5, 230-239.

- [3] Wilczyńska B., 1979/80. Projekt koncepcyjny rozwiązania konstrukcyjnego układu do wstępnego kruszenia klinkieru cementowego dla linii produkcyjnej 3000-3500 t/24h. AGH, Kraków (praca dyplomowa).

## TYPES OF COOLERS USED FOR COOLING OF CEMENT CLINKER

### Summary

The paper shows types of coolers used for cooling of cement clinker, schemes of construction each type of cooler and its advantages and disadvantages in cement production.

Keywords: cooling, coolers cement clinker