

Problemy związane z wysoką temperaturą klinkieru podczas produkcji cementu

Some problems resulting from high clinker temperature in cement production

Dr inż. Jarosław Pawluk

Track-Tec Warszawa

Streszczenie

Zbyt wysoka temperatura klinkieru, w szczególności wyższa od 70°C, powoduje pewne trudności w produkcji cementu, pogarsza jego jakość i prowadzi do zbrylania materiału w silosie. Aby zapobiec tym problemom należy stosować specjalne zabiegi technologiczne dążące do uzyskania klinkieru o odpowiednim składzie granulometrycznym. W przypadku niewystarczającego wychłodzenia klinkieru w chłodniku, należy zastosować wtrysk wody do chłodnika lub do urządzeń transportujących klinkier. Wtrysk wody do młyna w ilości powietrza służącego do przewietrzania młyna również daje dobre rezultaty. Dodatkowo korzystne jest częściowe zastąpienie gipsu anhydrytem, w młynie lub silosie. Znacznie lepszym rozwiązaniem jest instalacja chłodnika do cementu, niż ponoszenie konsekwencji jego wysokiej temperatury.

Słowa kluczowe: mielność klinkieru, uziarnienie klinkieru, moduł glinowy lepkość stopu

Summary

Too high clinker temperature, especially above 70°C, causes several difficulties in cement production, lowers its quality and leads to lumping of the material in the silos. To avoid these difficulties the appropriate clinker granulometry through special technological treatment, should be obtained. In the case of insufficient cooling in the cooler the water spraying into the cooler or on clinker transporting devices is to be employed. Water injection into the mill as amount of ventilation air give also good results. Finally the partial substitution of gypsum by anhydrite in the mill or in silos. It is much better to install the cement coolers than to carry the consequences of high cement temperature.

Keywords: clinker grindability, clinker graining, alumina modulus, melt viscosity

1. Wprowadzenie

Jednym z problemów związanych z produkcją cementu jest wysoka temperatura klinkieru, w szczególności w krajach o gorącym klimacie. Jest to spowodowane niedoskonałością konstrukcji chłodników, szczególnie przy niekorzystnym składzie ziarnowym klinkieru.

Najniższą temperaturę zapewniają chłodniki rusztowe, czasem nie wyższą niż 50-70°C, ponad temperaturę otoczenia. Chłodniki te wymagają jednak dużej ilości powietrza chłodzącego, przekraczającego jego zużycie przy spalaniu paliwa. Nadmiarowe powietrze obniża wydajność cieplną chłodnika, a odpylanie tego powietrza powoduje dodatkowe problemy. Całkowite zużycie energii przez taką instalację chłodzącą jest dość duże [tablica 1], a jej eksplo-

1. Introduction

One of the problems in cement production is often the temperature of clinker, especially in hot countries. It is due to the deficiency of coolers construction, connected with unfavorable granulometric composition of the clinker.

The lowest temperature is ensured by the grate coolers, sometimes not exceeding by 50-70°C the ambient temperature. These coolers demand, however, a large quantity of cooling air, exceeding its consumption by fuel firing. The excess air lowers the thermal efficiency of the cooler, and the dedusting of vent gases involves some troubles. Total energy consumption by such cooling installation is rather high [Table 1] and its exploitation demands

atacja wymaga obsługi na dobrym poziomie. Praktycznie stosuje się już tylko chłodniki rusztowe, ze względu na konieczność poboru powietrza trzeciego do spalania paliwa w dekarbonizatorze wstępnym.

Podawanie gorącego klinkieru do młynów do cementu powoduje pewne trudności w produkcji cementu, przede wszystkim z powodu powstawania gipsu półwodnego. W przypadku dużej zawartości siarczanu potasu w klinkierze, w młynie lub w silosie podczas składowania cementu, może także powstawać syngenit.

Każde z tych zjawisk ma negatywne skutki związane z procesem produkcji i powoduje pogorszenie jakości cementu. W artykule opisano kilka rozwiązań technologicznych mających na celu eliminację tych zjawisk lub przynajmniej ograniczenie ich negatywnych skutków.

2. Czynniki wpływające na uziarnienie klinkieru

W przeszłości eksploatacja małych pieców obrotowych, w większości pracujących metodą moką, powodowała pewne problemy związane ze sklejeniem się granul klinkieru lub często tworzeniem się pierścieni. Stabilizacja właściwości wsadu oraz węgla [paliwo], a także warunki eksploatacji pieca wyeliminowały te problemy, dzięki wprowadzeniu automatycznej kontroli procesu. Z drugiej strony wprowadzenie dużych pieców pracujących metodą suchą przyczyniło się do powstania innych problemów, dotyczących zawartości drobnych frakcji w klinkierze. Spowodowało to ogromne problemy eksploatacyjne, a mianowicie: dużą emisję pyłów z chłodnika, która obniża jego wydajność i może przyczyniać się do powstawania pierścieni w piecu. Z kolei w przypadku chłodników rusztowych, drobny klinkier spada w dół przez szczeliny w płytach chłodnika i powoduje szybsze jego zużycie.

W związku z tym ważne jest omówienie niektórych czynników wpływających na uziarnienie klinkieru. Zawartość drobnych frakcji klinkieru rośnie ze wzrostem rozdrobnienia surowca, przede wszystkim wtedy, gdy surowiec zawiera krzemionkę w postaci kwarcu, w ilości przekraczającej 3% masy. Często, w celu poprawy spiekalności mączki surowcowej, a także zmniejszenia zawartości

an advanced treatment of the personnel. In this connection the satellite coolers, much simpler in exploitation, are frequently used, despite of higher temperature of cooled clinker. As an example of good cooling system, without excess air, so called "g"-cooler of Claudius Peters can be mentioned.

Feeding of cement mills with a hot clinker causes several difficulties in cement production because of hemihydrate formation. In the case of high content of potassium sulphate in the clinker the syngenite formation either in the mill or during cement storage in the silos can also occur. All these modifications have their negative consequences in the production process and give a lowering of cement quality. In this paper some simple technological ways leading to the elimination of these phenomena, or at least permitting to border its negative effects.

2. Factors influencing the clinker granulometry

In the past the exploitation of small rotary kilns, in majority using wet method, created some problems with lumpy clinker or often with ring formation. The feed and coal (fuel) properties stabilization as well as conditions of kiln exploitation eliminated these difficulties owing to automatic process control. On the other hand the employment of great, dry kilns leads to other problems, namely with fine fractions content of the clinker. It gives great exploitation difficulties, which are following: high dust emission from the cooler which lowers its efficiency and can lead to ring formation in the kiln. In the case of grate coolers fine clinker drops down through the coolers plate and gives faster wear.

In this connection it will be interesting to discuss some factors influencing the clinker granulometry. The fine fraction content of the clinker rises with the decrease of raw material fineness, first of all when the raw material contains the silica in a form of quartz, in the quantity overpassing 3% by mass. It is often proper, in order to improve the raw meal burnability as well as to diminish the dust content in the clinker, to rise the fineness of raw material.

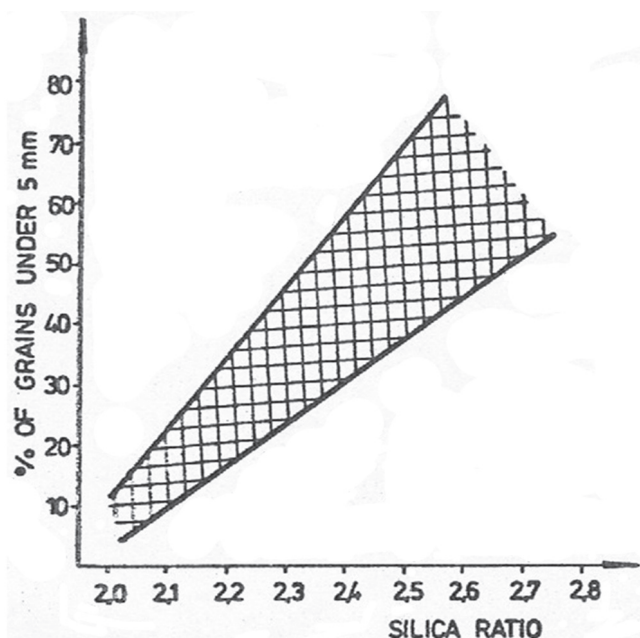
The clinker granulometry is strongly influenced by the content and composition – or more exactly properties – of the melt for-

Tablica 1 / Table 1

TEMPERATURA KLINKIERU Z RÓŻNYCH CHŁODNIKÓW

CLINKER TEMPERATURE FROM DIFFERENT COOLERS

Rodzaj chłodnika Cooler - type	Z rusztem poprzecznym Sloping	Z rusztem poziomym Grate horizontal	Kombinowany Combi
Wydajność / Capacity, t/d	do / up to 2500	do / up to 2500	10000
Zużycie energii / Power consumption, kWh/t	6	6	6
Temperatura klinkieru / Clinker temp., °C	90-130	100-130	80-110
Powietrze chłodzące / Cooling air, nm ³ /kg	2,0-2,5	2,2-2,7	2,0-2,2
Temperatura powietrza odlotowego / Exit air temp., °C	200-250	240-280	240-280
Ilość powietrza odlotowego / Exit air quantity, nm ³ /kg	1,1-1,6	1,3-1,8	1,1-1,3



Rys. 1. Wpływ modułu krzemowego na zawartość pyłu mniejszego od 5 μm w klinkierze

Fig. 1. Influence of silica ratio upon the dust content [minus 5 μm] of the clinker

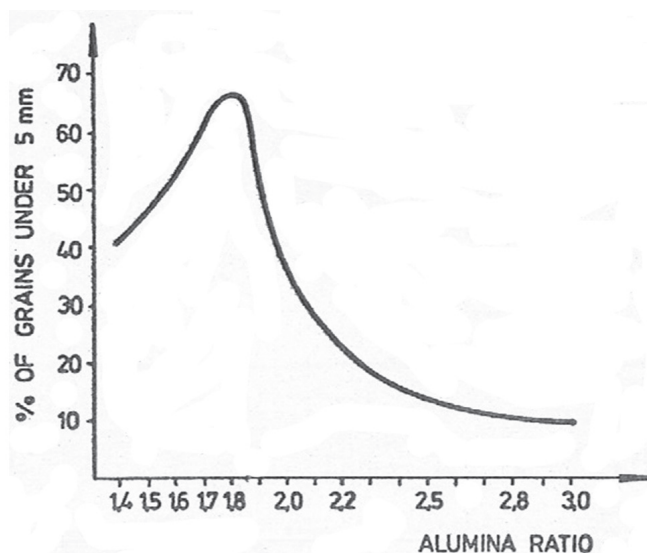
pyłów w klinkierze, dobrym rozwiązaniem jest zwiększenie rozdrobnienia surowców. Trzeba jednak zachowywać uziarnienie nadawy piecowej zapewniające korzystną pracę wymiennika cyklonowego.

Uziarnienie klinkieru jest zależne od składu fazowego, a przede wszystkim od składu chemicznego stopu, powstającego w temperaturze przekraczającej 1260°C, a więc od jego właściwości. Zawartość frakcji gruboziarnistej klinkieru rośnie wprost proporcjonalnie do ilości fazy ciekłej.

Jak można zauważyć na rysunku 1, zawartość drobnych frakcji klinkieru rośnie ze wzrostem modułu krzemowego. Timashev (1) wykazał, że zawartość grubych frakcji w klinkierze rośnie wprost proporcjonalnie do napięcia powierzchniowego klinkierowej fazy ciekłej. Daje to możliwości technologiczne do kontroli uziarnienia klinkieru. Szczególne znaczenie ma zawartość w stopie glinu, wyrażonego w postaci modułu glinowego. Długoletnie obserwacje uziarnienia klinkieru z kilku cementowni w Polsce prowadzą do wniosku, że krytyczna wartość modułu glinowego mieści się w granicach 1,7-1,9 [rysunek 2].

Pożądaną jest utrzymanie modułu glinowego przekraczające 2,0. Jednak nawet pomimo niekorzystnych właściwości surowców można uzyskać stosunkowo dobry skład ziarnowy klinkieru. W tym celu można wprowadzać specjalne domieszki, które korzystnie modyfikują właściwości klinkierowego stopu.

Na rysunku 3 pokazano uziarnienie klinkieru z jednej z polskich cementowni. Widoczna jest poprawa granulacji klinkieru poprzez działanie domieszek.



Rys. 2. Wpływ modułu glinowego na zawartość pyłu, mniejszego od 5 μm, w klinkierze

Fig. 2. Influence of alumina ratio on the content of dust-under 5 μm in clinker

med during sintering. The content of coarse fraction rises directly proportionally to the content of this liquid phase.

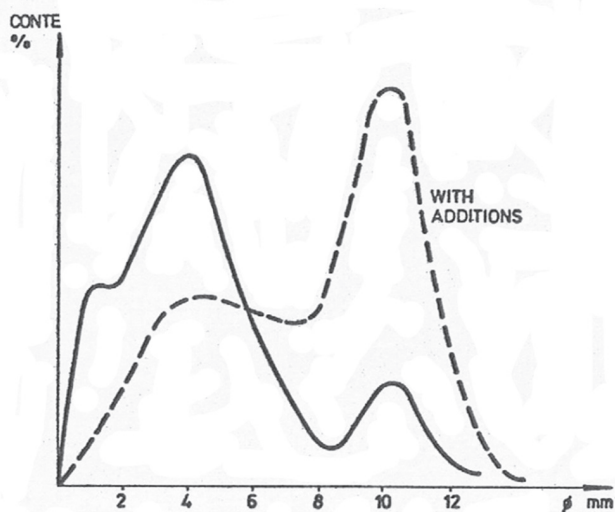
As can be seen from the Fig. 1 the content of fine clinker increases with the silica ratio. Timashev has shown that the coarse grains content of the clinker increases directly proportionally to the surface tension of clinker liquid phase. It gives the technological possibilities to control the granulometry of the clinker. The alumina content of liquid phase, expressed by the clinker alumina ratio, is of special importance. The long-lasting observation of clinker granulometry from several Polish cement plants leads to the opinion that the critical value of alumina ratio lies in the limits 1.7-1.9 [Fig. 2].

It is desirable to maintain the alumina ratio higher than 2.0. But even by unfavorable raw materials properties relatively good clinker granulometry can be obtained. To this end special admixtures, which favorably modifies the properties of clinker melt, may be added. The granulometries of clinkers from one Polish plant are shown in Fig. 3. The improvement of clinker granulometry by admixtures action is clearly seen.

The composition and quantity of additions, modifying the granulation of the clinker must be adjusted to the properties of raw materials.

2. Methods of clinker temperature lowering

One of efficient methods of clinker cooling is the water injection into the cooler, which can be used practically in all types of cooling installations. The rotary cooler shell can be easily cooled by water; in this case the water hardness must be taken into account. It must be underlined that clinker spraying with water in the cooler has consequences in some heat losses, due to lowering of secondary air temperature and increasing of volume of kiln exit gases.



Rys. 3. Modyfikacja składu ziarnowego klinkieru dzięki domieszce BASF

Fig. 3. Modification of clinker granulometric composition by BASF's admixture

3. Metody zmniejszania temperatury klinkieru

Jedną ze skutecznych metod chłodzenia klinkieru jest wtrysk wody do chłodnika, który można stosować praktycznie w każdym rodzaju instancji chłodzącej. Obudowę chłodnika obrotowego można łatwo schłodzić wodą; w tym przypadku trzeba jednak wziąć pod uwagę twardość wody. Należy podkreślić, że rozpylanie wody w celu schłodzenia klinkieru wiąże się z pewną stratą ciepła, z powodu obniżenia temperatury powietrza wtórnego i zwiększenia objętości gazów odlotowych z pieca.

Rozpylanie wody w celu chłodzenia klinkieru można także stosować na urządzeniach transportujących klinkier, pomiędzy piecem a zbiornikiem magazynującym. Ta metoda może być nawet bardziej skuteczna ze względu na zmniejszoną wielkość ziaren klinkieru, przez wstępną kruszenie.

Wprowadzenie zamkniętych hal magazynowych do przechowywania klinkieru z myślą o kontroli zanieczyszczeń, znacznie zmniejsza szybkość chłodzenia tego materiału, nawet podczas długiego przechowywania. W związku z tym młyny są często zasilane gorącym klinkierem. W tym przypadku czasami można zastosować natrysk klinkieru wodą na urządzeniu transportującym do silosu przed młynem lub przed zbiornikiem młyna.

Postęp w opracowaniu specjalnej, bardzo twardej stali, którą można stosować nawet w młynie walcowym do mielenia klinkieru, daje również perspektywy do opracowania instalacji do przemiału cementu typu Tandem. Wstępna kruszarka do kruszenia i chłodzenia może obniżyć temperaturę klinkieru i zmniejszyć zawartość grubszej frakcji w materiale kierowanym do młyna. Metodę tę można zastosować do modernizacji eksploatowanego już młyna.

Przemiał gorącego klinkieru powoduje wzrost zużycia energii [rysunek 4], co wiąże się z dobrze znanym zjawiskiem lepszej mielności klinkieru po dłuższym czasie magazynowania, wynoszącym z reguły około dwóch tygodni.

Spraying of clinker with water can be realized also on transporting devices, between the kiln and storage hall. This method may have even higher efficiency because of clinker grains size diminishing by its preliminary crushing.

The introduction of closed clinker hall, with a view of the pollution control, greatly diminish the cooling rate of this material, even during long storage. In this connection the mills are often feeded with hot clinker. In this instance spraying of the clinker on transporting device before mill silo, or before mill itself, may sometimes be applied.

The progress in elaboration of special, very hard steel, which can even be applied in roller mill for clinker grinding, gives also the prospects for elaboration of cement grinding installation of Tandem type. Preliminary crusher for crushing-cooling can diminish the clinker temperature and the content of coarser fraction in mill feed. This method could be used for modernization of existing mill.

The grinding of hot clinker gives rise in energy consumption [Fig. 4], which is referred to well know phenomenon of better clinker grindability after longer, i.e. two weeks storage.

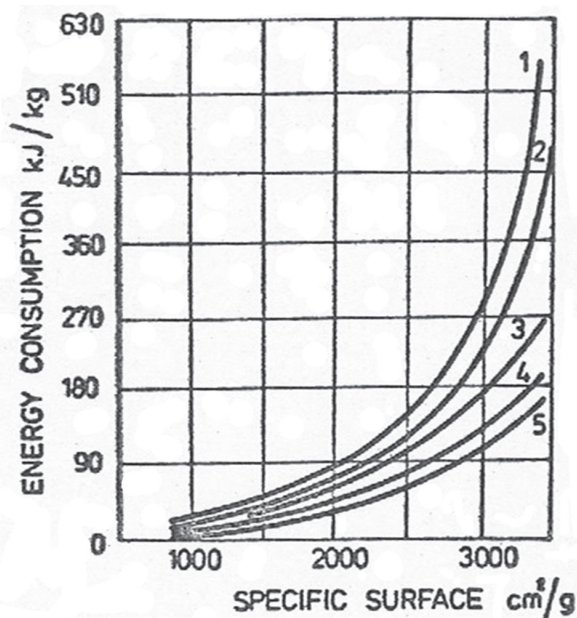
2 Cement cooling in the mill

As it is well know almost all quantity of mechanical energy supplied to the mill, is transferred into heat. It gives an important rise of cement temperature during grinding, because the heat losses with ventilation air and by radiation of mill shell represent about 50% of heat input. These consideration are valid when the grinding feed with low moisture content i.e. below 0.5% H₂O. It is the case of clinker grinding with usual gypsum content.

The lowering of cement temperature, by increasing of heat losses, may be done by rise of ventilation air intensity. In the mill operating in open circuit it is limited by maximum gases velocity in the mill, which considered to be 0.7 m/s. It represents the ventilation intensity in the limits of 0.15-0.2 nm³/kg of cement. Greater specific amounts of the air are applied in the mill operating in closed circuit, where depending on mill type the intensity of ventilation can attain greater value. For example in doppel rotator mill even about 0.9 nm³/kg of cement is used. From this point of view very favorable conditions give shoe mounted grinding mills delivered by Fives-Cail-Babcock.

In the closed circuit grinding installation there are also possibilities of cooling cement by air blowing, into the separator. Due to low specific heat of the air its quantity must be considerable, which – of course – increases the total energy consumption of the grinding system. Sturtevant has proposed also the water cooling of separator's shell.

The diminishing of cement temperature rise in the mill may be also obtained by lowering the grinding energy consumption. To this end several grinding aids are widely used – Fig.5.



Rys. 4. Mielność w funkcji temperatury klinkieru, 1 - 180°C, 2 - 150°C, 3 - 80°C, 4 - 60°C, 5 - 40°C

Fig. 4. Grindability as function of clinker temperature, 1 - 180°C, 2 - 150°C, 3 - 80°C, 4 - 60°C, 5 - 40°C

Obniżenie temperatury cementu przy zwiększonej stracie ciepła, można osiągnąć poprzez wzrost intensywności przewietrzania. W młynie z obiegiem otwartym jest to ograniczone ze względu na ograniczoną prędkość gazów, która wynosi 0,7 m/s. Pozwala to na intensywność przewietrzania w granicach 0,15-0,2 nm³/kg cementu. Większe ilości powietrza są stosowane w młynie z obiegiem zamkniętym, w którym w zależności od rodzaju młyna, intensywność przewietrzania może osiągnąć większe wartości. Na przykład w młynie typu „doppelrotator” stosuje się nawet około 0,9 nm³/kg cementu. Pod tym kątem bardzo korzystne warunki daje stosowanie młynów rurowych na klockach ślizgowych firmy Fives-Cail-Babcock.

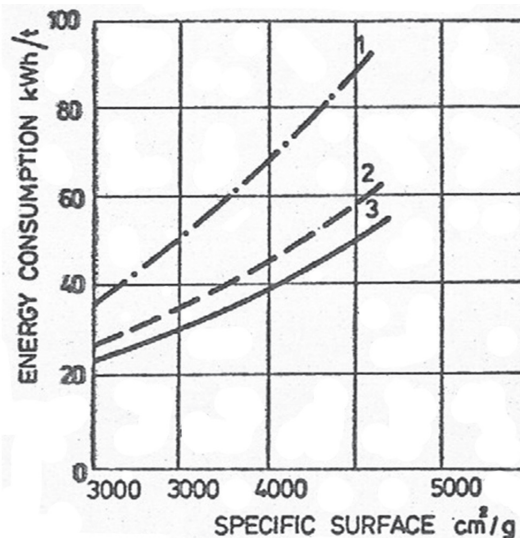
Tablica 2 / Table 2

CHŁODNIKI DO CEMENTU FIRMY F. L. SMIDTH

F. L. SMIDTH CEMENT COOLERS

Parametry / Sizes	typ 3P11 – nr / type 3P11 – no				
	A-1	A-2	A-3	B-3	C-3
Maksymalna średnica / Maximal diameter, m	2,65	2,65	2,65	3,15	3,80
Maksymalna wysokość / Maximal height, m	4,8	6,2	8,0	8,0	8,1
Moc silnika / Power of motor, kW	30	37	45	75	90
Obroty podnośnika ślimakowego / Rotation of screw conveyor, n/min	90	90	90	80	70
Wydajność / Capacity t/h*	30	40	60	80	100
Woda chłodząca / Cooling water m ³ /h	20	25	40	50	65
Masa / Mass, t	6,8	8,3	10,7	13,00	16,4

*Temperatura cementu: przed chłodzeniem 110°C, po chłodzeniu 65°C, temperatura wody 15°C / Cement temperature: before cooling 110°C, after cooling 65°C, water temperature 15°C.



Rys. 5. Zmniejszenie zużycia energii poprzez zastosowanie dodatków ułatwiających mielenie

Fig. 5. Lowering the energy consumption by using of grinding aids

Very efficient method of cement temperature lowering represents, as is well known, the water injecting into the mill. Spraying of 1% of water increases the heat expenditure by 25 kJ/kg of cement, which lowers its temperature by 30°C. The similar influence have the moist mineral additives, hydraulic or pozzolanic, to cement. As the experiences have shown the clinker grinding ability increases with feed humidity rise, and its optimum lies in the limit of 1-1.3% of water [Fig.6]. This is the reason of positive influence of moist additions in the process of cement grinding.

All relations concerning the lowering of cement temperature, by increasing of mill ventilation or by water injection, can be easily calculated from the mill thermal balance. Some examples are given in Fig.7.

W instalacji do przemiału z obiegiem zamkniętym istnieje również możliwość chłodzenia cementu przez wdmuchiwanie powietrza do separatora. Ze względu na małe ciepło właściwe powietrza, jego ilość musi być znaczna, co oczywiście zwiększa całkowite zużycie energii przez system mielenia. Sturtevant proponuje również chłodzenie wodne płaszczu separatora.

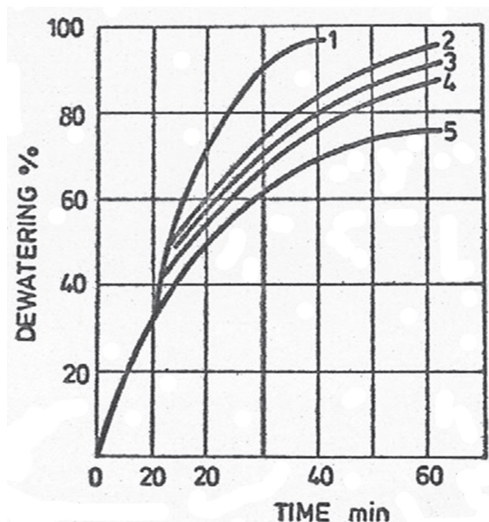
Zmniejszenie wzrostu temperatury cementu w młynie można również osiągnąć poprzez obniżenie zużycia energii podczas mielenia. W tym celu często stosuje się kilka dodatków ułatwiających mielenie [rysunek 5].

Jak wiadomo, bardzo skuteczną metodą obniżania temperatury cementu jest wtrysk wody do młyna. Wprowadzenie 1% wody powoduje zwiększenie rozchodu ciepła o 25 kJ/kg cementu, co powoduje obniżenie jego temperatury o około 30°C. Podobny efekt można uzyskać dzięki wilgotnym dodatkom do cementu, hydraulicznym lub pucolanowym. Jak wykazały badania, mielność klinkieru ulega poprawie ze wzrostem wilgotności wsadu, a jej optymalny poziom mieści się w granicach 1-1,3% wody [rysunek 6]. Jest to dowód korzystnego wpływu wilgotnych dodatków na proces mielenia cementu.

Wszystkie zależności dotyczące obniżenia temperatury cementu poprzez zwiększenie przewietrzania młyna lub wtrysku wody można łatwo obliczyć z bilansu cieplnego młyna. Niektóre przykłady podano na rysunku 7.

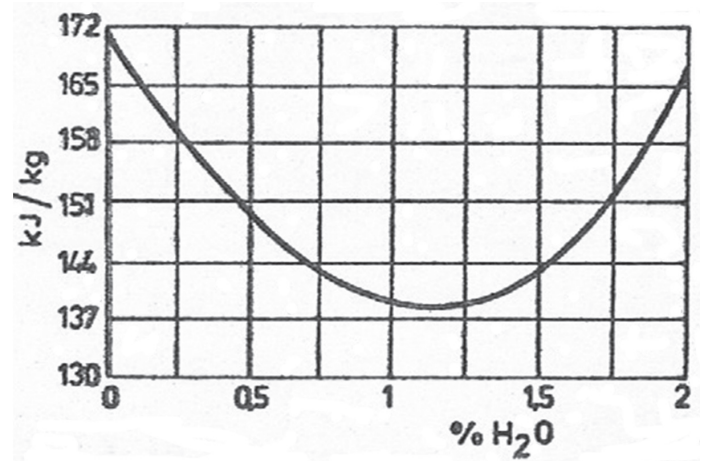
4. Reakcje chemiczne w młynie do przemiału cementu

Wysoka temperatura w młynie wywołuje kilka reakcji chemicznych, między innymi odwodnienie gipsu, które ma największe znaczenie technologiczne. Jak wiadomo przemiana gipsu dwuwodnego w pół-



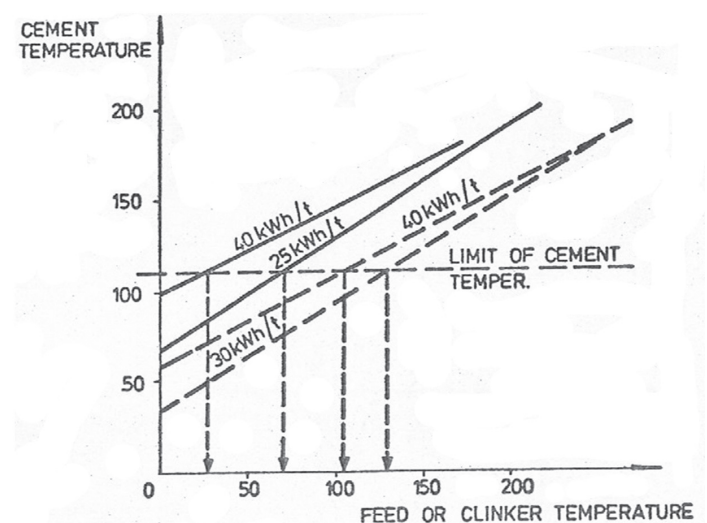
Rys. 8. Wpływ temperatury i wilgotności powietrza w młynie na szybkość odwadniania gipsu, temperatura 120°C, 1 – suche powietrze, 2 – punkt rosy 20°C, 3 – punkt rosy 40°C, 4 – punkt rosy 70°C, 5 – punkt rosy 100°C

Fig. 8. Influence of temperature and humidity of air in the mill on the velocity of gypsum dewatering temp. 120°C, 1-dry air, 2-dew point 20°C, 3-dew point 40°C, 4-dew point 70°C, 5-dew point 100°C



Rys. 6. Wpływ temperatury klinkieru na jego mielność

Fig. 6. Influence of clinker temperature on its grindability



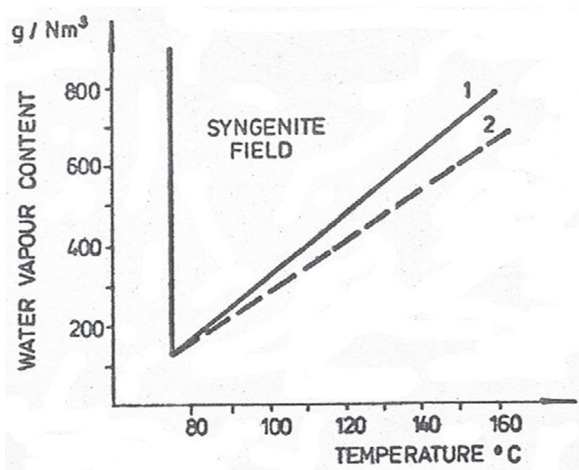
Rys. 7. Temperatura klinkieru lub wsadu a temperatura cementu. Obieg otwarty, temperatura otoczenia 30°C, objętość powietrza 0,2 nm³/kg cementu, linia ciągła – cement portlandzki o wilgotności 0,5%, linia przerywana – cement hutniczy o wilgotności 2,6%

Fig. 7. Temperature of clinker or feed versus cement temperature. Open circuit, ambient temperature 30°C, air specific volume 0.2 nm³/kg of cement, continuous line-Portland cement 0.5% humidity, dashed line-metallurgical cement 2.6% humidity

4. Chemical reactions in cement mill

High temperature in the mill causes several chemical reactions, among others the dewatering of gypsum is of greatest technological importance. As is well known that the transformation of gypsum to hemihydrate begins at about 50°C, and the rate of this process increases greatly at the temperature above 120°C. Velocity of this process is of course greatly influenced by vapour partial pressure in mill atmosphere. Some curves obtained by F. L. Smidth specialists are shown in Fig. 8. For these reasons the water injection or increasing of feed humidity are also of great technological importance.

In the case of clinkers produced by dry method, the increase in K₂SO₄ content may also lead to syngenite formation in the mill



Rys. 9. Korzystne warunki do powstawania syngenitu w młynie do przemiału cementu

Fig. 9. Favourable conditions of syngenite formation in cement mill

wodny rozpoczyna się w temperaturze około 50°C, a szybkość tego procesu znacznie wzrasta w temperaturze powyżej 120°C. Na szybkość tego procesu duży wpływ ma oczywiście ciśnienie parcjalne pary w młynie. Na rysunku 8 pokazano krzywe uzyskane przez specjalistów firmy F. L. Smidth. Z tego powodu wtrysk wody lub zwiększenie wilgotności wsadu mają również duże znaczenie technologiczne.

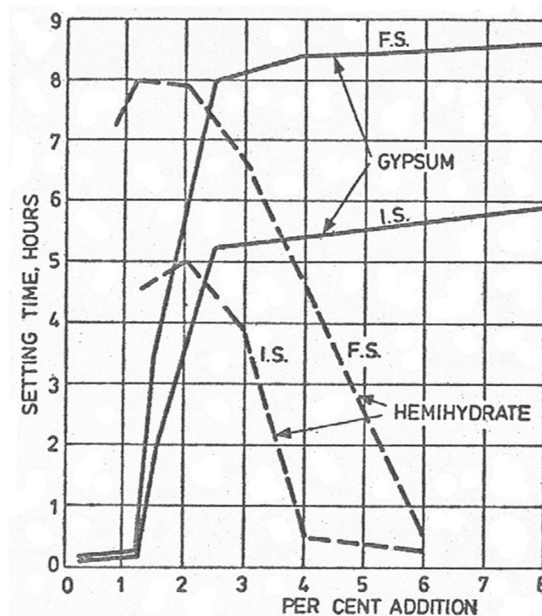
W przypadku klinkierów produkowanych metodą suchą, wzrost zawartości K_2SO_4 może prowadzić także do powstawania syngenitu w młynie [rysunek 9]. W tej reakcji wysoka zawartość pary wodnej w młynie może być nawet niekorzystna, szczególnie gdy punkt rosy powietrza do przewietrzania przekracza 60°C.

Negatywne skutki odwodnienia gipsu można wyeliminować obniżając jego dodatek do cementu, tak aby nie przekraczał około 2-3% [rysunek 10].

Najskuteczniejszą metodą uniknięcia negatywnego wpływu związanego z powstawaniem gipsu półwodnego lub syngenitu jest zastępowanie gipsu dwuwodnego anhydrytem [rysunek 11]. Ze względu na mniejszą prędkość rozpuszczania anhydrytu, bardzo korzystne jest dodanie mieszaniny anhydrytu z gipsem, której skład należy dostosować do właściwości klinkieru.

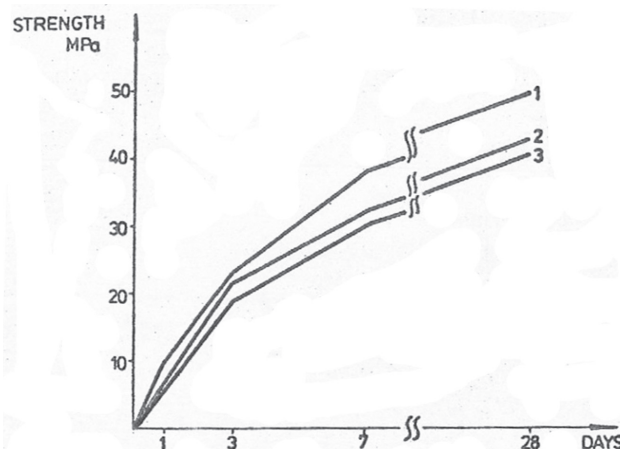
W niektórych przypadkach bocznikowanie części gazów odlotowych z pieca może być konieczne w celu zmniejszenia zawartości potasu w klinkierze.

Powstawanie gipsu półwodnego, czy nawet syngenitu, może także zachodzić w silosie, podczas składowania gorącego cementu. Nielsen (7) opisał, że prowadzi to do powstawania brył, a żeby uniknąć zbrylania cementu można zamiast gipsu zastosować anhydryt. Zmniejszenie zawartości gipsu w cemencie lub zwiększenie ilości wolnego wapna w klinkierze ma w tym przypadku bardzo pozytywny wpływ. Należy pamiętać, że transport cementu z młyna do silosów obniża jego temperaturę nie więcej niż o 5-10°C. Z tego powodu skuteczną metodą jest instalacja chłodnika cementu.



Rys. 10. Wpływ zawartości gipsu dwuwodnego lub półwodnego na czas wiązania

Fig. 10. Influence of gypsum or hemihydrate content on setting time



Rys. 11. Wytrzymałość na ściskanie zaprawy zawierającej 5%: 1 – anhydrytu 0,8 + gipsu półwodnego 0,2; 2 – gipsu; 3 – gipsu półwodnego [zaprawa ostrożnie przemieszana po wystąpieniu fałszywego wiązania]

Fig. 11. Compressive strength of the mortar containing 5% of: 1-anhydrite 0,8 + hemihydrate 0,2; 2-gypsum; 3-hemihydrate [mortar carefully remixed after false set]

[Fig. 9]. In this reaction the high water vapour content in the mill can be even unfavorable, especially when ventilation air dew point is surpassing 60°C.

The negative effects of gypsum dewatering can be eliminated by lowering its addition to cement to do not exceed about 2-3% [Fig. 10].

The most efficient method to avoid the negative influence of hemihydrate and syngenite formation is the replacing of gypsum by anhydrite – Fig. 11. For the reason of lower dissolution velocity of anhydrite very favorable is to add a mixture of anhydrite with

Przykładowe właściwości chłodników cementu firmy Smidth (6) podano w tablicy 2.

Literatura / References

1. H. Herchenbach, Methods of cooling cement clinker and selection criteria for the customarily used cooling systems, Humboldt Wedag technical Literature 57-300e.
2. F. M. Lea, Chemistry of Cement and Concrete, Chemical Publ. Comp., New York 1971.
3. W. Kurdowski, Poradnik Technologa Przemysłu Cementowego, Arkady, Warszawa 1981.
4. V. Timashev, 7th Int. Congress on the Chemistry of Cement, Vol. I, p. I-3/1, Paris 1980.
5. A. Reuss, "Próg cieplny" młyna do cementu, Cement Wapno Gips, **28**, 9, 275 (1973).
6. F. L. S. News Front, according to Cement Wapno Gips, Nr 8-9, 286 (1975) (in Polish).
7. H. C. Alsted Nielsen, Rock Products, nr 2 p.72, 1974.
8. I. Deshko, M. Kreimer, G. Krichting, Grinding of materials in cement industry, Moscow 1966 (in Russian).
9. W. Kurdowski, Z. Weliszek, 7th Int. Congress on the Chemistry of Cement, Vol. II, p. I-290, Paris 1980.
10. Fives-Cail-Babcock latest solutions: shoe mounted grinding mills, Technical Literature no 22048-77.

gypsum, the composition of which must be adjusted to the clinker properties.

In some cases the bypassing of a part of kiln exit gases may be necessary for lowering the chlorine and potassium content of the clinker.

Hemihydrate or even syngenite formation can occur even in the silos, during hot cement storage. As is mentioned by Nielsen, this lead to lump formation. To avoid the lumping of cement the anhydrite, instead of gypsum, can be used. The diminishing of gypsum content in cement or increasing the free lime quantity in clinker has also a very positive effect. It is to remember that cement transportation, from the mill to the silos, lowers its temperature not more than by 5-10°C. For this reason sometimes the unique method is the installation of cement cooler. As example characteristics of Smidth cement coolers are given in Table 2.