

Mielność klinkieru cementowego

1. Wprowadzenie

Procesy rozdrabniania i przemiału odgrywają bardzo ważną rolę w technologii wytwarzania cementu. Zużywają one jednak bardzo dużo energii elektrycznej: około 70 do 80% energii elektrycznej niezbędnej do wyprodukowania jednej tony cementu pochłaniają procesy przemiału. Przemiela się bowiem surowce, paliwo (węgiel) oraz klinkier z dodatkami. Zapotrzebowanie energii elektrycznej na wyprodukowanie jednej tony cementu (dane z jednej z cementowni francuskich) wynosi 110 kWh, w tym na procesy mielenia 85 kWh, z czego na przemiał klinkieru 50 kWh.

Z tego też względu ważne są przedsięwzięcia zmierzające do optymalizacji tych procesów. Podatność materiałów na mielenie, nazwana mielnością, określa cechę danego materiału z punktu widzenia tego procesu technologicznego.

Mielność jest cechą technologiczną materiału zależną od własności fizycznych, takich jak porowatość, twardość, kruchość, wytrzymałość na rozciąganie, oraz własności chemicznych. Mielność oznacza się różnymi metodami, przy czym wyrażana jest ona najczęściej jako zużycie energii elektrycznej na jednostkę masy badanego materiału. Niżej przedstawione zostaną najczęściej stosowane metody oznaczania mielności.

2. Metody oznaczania mielności

Istnieje kilka sposobów oznaczania mielności. W niektórych z nich stosuje się specjalne urządzenia skonstruowane do tego celu, w innych wykorzystuje powszechnie stosowane urządzenia laboratoryjne, takie jak młynki kulowe, a więc urządzenia działające na tej samej zasadzie co młyny kulowe, powszechnie stosowane w przemyśle cementowym.

Do pierwszej grupy metod zaliczyć należy metodę Zeisla, polegającą na dynamometrycznym pomiarze oporu, jaki stawia mielony materiał o określonym uziarnieniu, mielony w komorze aparatu wyposażonego w osiem kul rozdrabniających. Wynik jest podawany jako zużycie energii w kWh lub kJ na jednostkę masy materiału.

Na podobnej zasadzie oparta jest metoda Hargrove'a, stosowana najczęściej do oznaczania mielności węgla kamiennego. Wynik podawany jest w tak zwanych stopniach Hargrove'a w odniesieniu do węgla standardowego, dla którego przyjęto mielność 100°H.

Mittag opracował inną metodę, z zastosowaniem kulowego młynka laboratoryjnego dowolnej wielkości. Tensometryczny układ pomiarowy z graficzną rejestracją wyników rejestruje siłę oporu, jaką stawia materiał określonemu zestawowi mielników. Dla upodobnienia przebiegu mielenia do warunków przemysłowych zmienia się w trakcie pomiaru wielkość ciał mielących od największych kul do cylpebsów. W wyniku badania uzyskuje się wielkość energii niezbędnej do zmielenia materiału dożądanego stopnia rozdrobnienia.

Kolejną metodą oznaczania mielności jest sposób opracowany przez Bonda. Zakłada on przemiał badanego materiału w laboratoryjnym młynku kulowym o określonych wymiarach, określonej liczbie obrotów oraz zróżnicowanym pod względem wielkości zestawem mielników. Metoda zakłada przeprowadzenie badania mielności przy krotności obiegu 250%. Badanie prowadzi się cyklicznie, usuwając po każdym cyklu mielenia miatkę materiał przechodzący przez sito kontrolne o określonym wymiarze oczek, a następnie uzupełnia wsad do młynka nadawą odpowiadającą ilości zmielonego materiału usuniętego z młynka. Pomiar prowadzi się do chwili ustalenia się masy próbki produktu mielenia wyrażonej w gramach na obrót młynka. Znając tę wartość i wielkość sita kontrolnego (wymiar oczek) można obliczyć ze wzoru Bonda wielkość W_i (wskaźnik pracy) wyrażony w kJ/kg.

Zaletą tej metody jest możliwość wykorzystania wyników oznaczeń mielności do obliczenia mocy silnika napędowego młyna kulowego i wymiaru największej kuli, co pozwala na określenie – zależnie od uziarnienia nadawy i mielności – zestawu mielników dla młyna przemysłowego. Z tego względu metodę Bonda można uznać za jeden z najlepszych sposobów określania mielności. Należy dodać, iż Bond przeprowadził bardzo wiele badań mielności różnych materiałów (około osiemdziesięciu), między innymi takich jak surowce mineralne, rudy metali, surowce odpadowe

(w tym żużle wielkopieczowe) i klinkier cementowy ($W_i = 48,5 \text{ kJ/kg}$).

Autor w latach 1978-86 uruchomił w Instytucie Mineralnych Materiałów Budowlanych w Krakowie instalację do badania mielności metodą Bonda. Sporządzono młynek laboratoryjny, przystosowano urządzenie do badania stopnia przemiału (pozostałość na sicie kontrolnym oznaczano aparatem Alpine) i zbadano przydatność metody pod względem powtarzalności wyników (1).

Wykonano oznaczenia mielności klinkierów pochodzących z wielu polskich cementowni, a także żużli i surowców do produkcji cementu. Na podstawie wyników oznaczeń mielności klinkierów pochodzących z dwóch polskich cementowni dokonano przeliczenia zużycia energii elektrycznej na przemiał (posługując się wzorami Bonda), dla rzeczywistych uziarnień nadawy i produktu i porównano te wyniki z rzeczywistym zużyciem energii elektrycznej przez młyny przemysłowe.

Na podstawie tych porównań można wyciągnąć wniosek, że metoda Bonda wyznaczania jednostkowego zapotrzebowania energii na przemiał na podstawie wyników badań mielności (przy określonych parametrach nadawy i produktu) może zostać z powodzeniem wykorzystana do optymalizacji procesu przemiału w młynach przemysłowych.

Metoda Zeisla jest stosowana w większości krajów Europy, natomiast metoda Bonda w krajach anglosaskich, przede wszystkim w Stanach Zjednoczonych.

3. Czynniki wpływające na mielność klinkieru

3.1. Skład fazowy klinkieru

Mielność klinkieru w znacznym stopniu zależy od składu fazowego klinkieru, przy czym każda z faz ma określone własności fi-

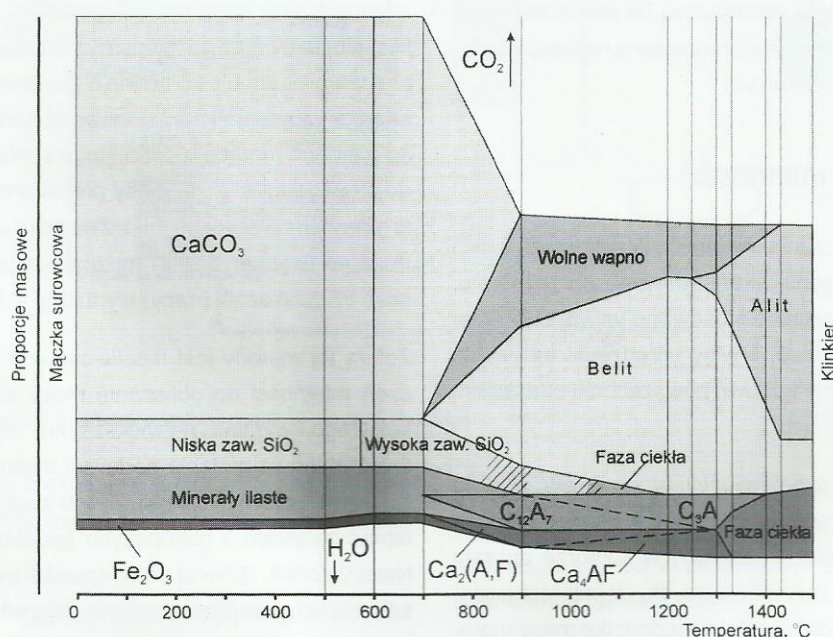
zyczne i chemiczne.

Tworzą go alit (C_3S) i belit (C_2S) oraz substancja wypełniająca, to jest glinian trójwapniowy (C_3A) oraz braunmileryt (C_4AF). Szczególny wpływ na mielność ma wielkość kryształów alitu i belitu. Kryształy alitu tworzą często zrosty, zwłaszcza w przypadku mniejszych ich wymiarów, alit najczęściej jednak tworzy duże kryształy o pokroju heksagonalnym. Kryształy belitu są z reguły okrągłe i często tworzą polimorficzne, bliźniacze zrosty. Przestrzeń pomiędzy alitem i belitem zajmuje substancja wypełniająca. Przebieg procesu powstawania klinkieru w trakcie wypalania mączki surowcowej w piecu obrotowym z czterostopniowym wymiennikiem ciepła przedstawiono na rysunku 1.

Istotną rolę w procesie klinkieryzacji odgrywa faza ciekła. Sprzyja ona aglomeracji i tworzeniu się granul klinkieru oraz pomaga w formowaniu się kryształów alitu i belitu. Obok podanych czynników wpływ na mielność mają także różne defekty kryształów alitu i belitu, jak rysy i pęknięcia. Ilość i wielkość kryształów alitu i belitu w zasadniczym stopniu wpływa na mielność klinkieru.

Badacze zajmujący się wpływem składu fazowego klinkieru na jego mielność zgodnie podkreślają, że klinkier o większej zawartości alitu przemiała się lepiej od klinkieru w którym dominuje belit.

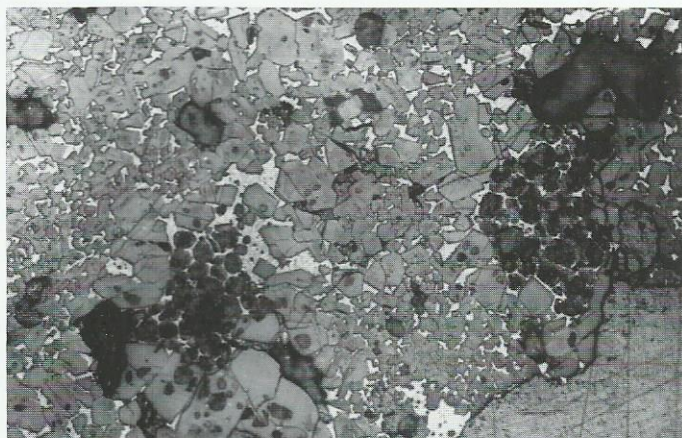
Zwraca na to uwagę między innymi Viggh (2) stwierdzając, iż większa zawartość alitu przy mniejszej ilości belitu powoduje, że klinkier wymaga mniejszego nakładu energii na przemiał, a więc odznacza się lepszą mielnością w porównaniu z klinkierem o większej zawartości belitu. Wpływ na mielność mają również wymiary kryształów rozważanych minerałów klinkierowych. Viggh wskazuje na to, iż klinkier wykazuje lepszą mielność przy większej zawartości alitu o niedużych wymiarach kryształów, natomiast klinkier o większej ilości belitu przy dużych wymiarach kryształów alitu przemiała się gorzej (wykazuje gorszą mielność). Uland (3) podkreśla, iż nie można w pełni przedstawić mielności klinkieru



Rys. 1. Przebieg wypalania mączki surowcowej na klinkier (według materiałów firmy KHD Humboldt Wedag)

opierając się tylko na znajomości fazowego składu klinkieru. Dla pełnego określenia mielności konieczne jest uwzględnienie geometrii kryształów poszczególnych faz klinkieru i ich wzajemnych zależności i oddziaływań.

Maki i inni (4) uważają, że klinkierzy ze skupieniami drobnych kryształów belitu cechują się wyraźnie gorszą mielnością. Takie skupienia kryształów belitu powodują – zdaniem autorów – mniejszą porowatość klinkieru. Skupienia kryształów belitu stawiają największy opór przy mieleniu w pierwszym stadium procesu i w konsekwencji nie ulegają rozdrobnieniu, zachowując swą pierwotną formę. Na rysunku 2 przedstawiono, za podanymi autorami, takie skupienia drobnych kryształów belitu.



Rys. 2. Skupienia drobnych kryształów belitu (4)

Klinkier, w którym belit występuje w pojedynczych formach kryształicznych, wymaga mniejszego nakładu energii na przemiał. Skupienia kryształów belitu odgrywają znacznie większą rolę w procesie przemiału niż wielkość porów, szczególnie w przypadku drobnego przemiału. Autorzy ci zwracają także uwagę na mikrospeknięcia, które są wynikiem krystalizacji ze znacznym udziałem fazy ciekłej i zależą w dużym stopniu od sposobu chłodzenia klinkieru. Klinkier z takimi defektami przemiała się łatwo.

Jak wspomniano wyżej, w Instytucie Mineralnych Materiałów Budowlanych w Krakowie prowadzono badania procesów przemiału klinkieru cementowego, które pozwoliły na stwierdzenie wpływu składu fazowego klinkieru na jego mielność. Z przemysłowej mączki surowcowej, dzięki odpowiednim dodatkom korekcyjnym, wykonano (w skali półtechnicznej) cztery klinkierzy o zróżnicowanym

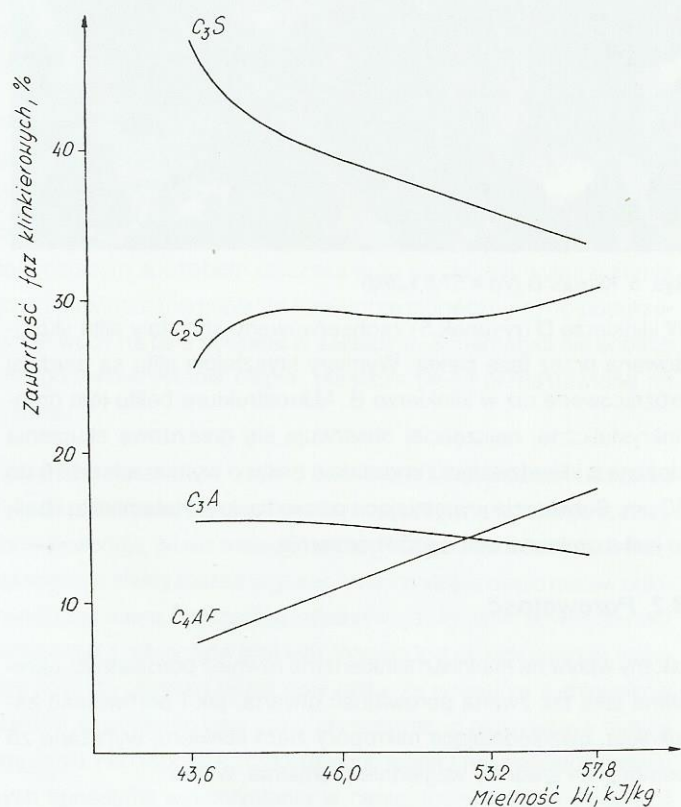
składzie fazowym, a następnie oznaczono ich mielność metodą Bonda.

Stosując wzór Lea-Parkera obliczono również, na podstawie analiz chemicznych klinkierów, zawartość fazy ciekłej i oznaczono porowatość otwartą (metodą nasycania). Wyniki podano w tablicy 1.

Stwierdzono, że wzrost zawartości alitu wpływa korzystnie na mielność klinkieru (rysunek 3), natomiast ze wzrostem ilości belitu mielność pogarsza się. Wyniki te potwierdzają opinie innych autorów zajmujących się problemami przemiału klinkieru cementowego.

Wykonano także badania mikroskopowe klinkierów B i D (w świetle odbitym na zglądach trawionych), których wyniki przedstawiono na rysunkach 4 i 5.

Masę zasadniczą klinkieru B tworzą kryształy alitu i belitu o równomiernym rozmieszczeniu. Na powierzchni kryształów alitu stwierdzono obecność licznych wrostków drobnokryształicznego belitu. Rozmieszczenie substancji wypełniającej jest nierównomierne.

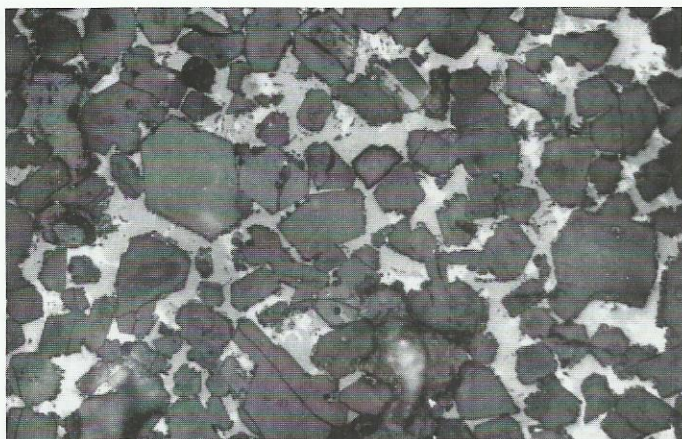


Rys. 3. Mielność a zawartość faz klinkierowych

Tablica 1

SKŁAD FAZOWY, POROWATOŚĆ I MIELNOŚĆ BADANYCH KLINKIERÓW

Klinkier	Skład fazowy klinkieru				Zawartość fazy ciekłej %	Porowatość otwarta %	Mielność W_i kJ/kg
	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF			
A	47,22	25,75	15,05	7,31	29,3	25,3	43,6
B	41,98	29,41	14,95	9,12	31,8	24,9	46,0
C	37,44	28,82	14,53	13,38	37,2	16,1	53,2
D	33,78	30,34	13,03	17,02	40,6	13,3	57,8



Rys. 4. Klinkier B ($W_i = 46,0$ kJ/kg)



Rys. 5. Klinkier D ($W_i = 57,8$ kJ/kg)

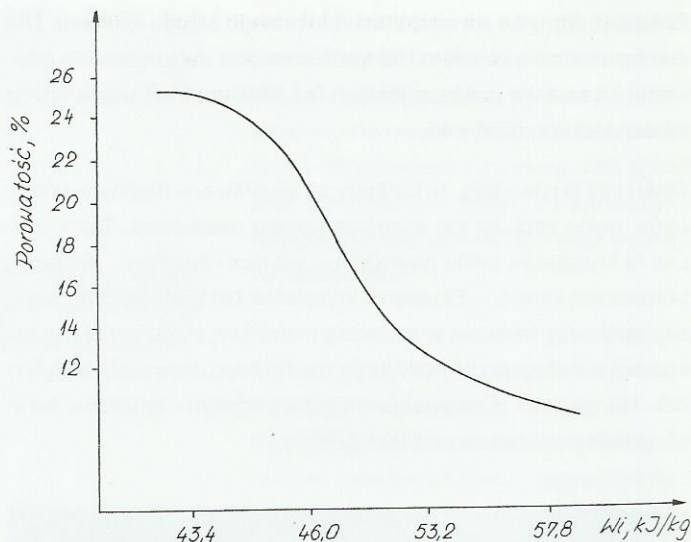
W klinkierze D (rysunek 5) zaobserwowano kryształy alitu skordowane przez fazę ciekłą. Wymiary kryształów alitu są bardziej zróżnicowane niż w klinkierze B. Mikrostruktura belitu jest drobnokrystaliczna, najczęściej obserwuje się gniazdowe skupienia złożone z kilkudziesięciu kryształów belitu o wymiarach od 10 do 30 μm . Substancja wypełniająca pomiędzy kryształami alitu i belitu jest rozmieszczona nierównomiernie.

3.2. Porowatość

Istotny wpływ na mielność klinkieru ma również porowatość, określana jako tak zwana porowatość otwarta, jak i porowatość zamknięta, uwzględniająca mikropory ziarn klinkieru, wyrażane za pomocą ich średnicy względnie promienia, w mm.

Wpływ porowatości otwartej na mielność klinkieru jest zrozumiałą, granule klinkieru o większej porowatości otwartej przemiela się łatwiej. Stwierdzono to również we wspomnianych wyżej badaniach w IMMB klinkierów o zróżnicowanym składzie fazowym. Oznaczano ich porowatość otwartą, co pozwoliło na potwierdzenie podanej zależności między porowatością i mielnością klinkieru (rysunek 6).

Theisen (5), również zajmujący się czynnikami mającymi wpływ na przebieg procesu mielenia klinkieru cementowego, potwierdza powyższy pogląd o wpływie porowatości otwartej na mielność, podkreśla jednak znaczenie porów zamkniętych.



Rys. 6. Mielność a porowatość otwarta klinkierów

Theisen zwraca uwagę na rolę porów o większych wymiarach (promieniach), zwłaszcza gdy występują one w dużej ilości. Według jego badań pory takie powodują gorszą mielność klinkieru. Do porów dużych zalicza się pory o promieniach od około 120 do 10 mm, natomiast do małych od 10 do 0,1 mm (nowoczesna aparatura pozwala na pomiar bardzo małych porów, o promieniach których wymiary dochodzą do 0,0005 mm). O wiele lepiej przemiela się klinkiery, które zawierają więcej porów o mniejszych promieniach. Ten pogląd potwierdzają również inni autorzy.

Zaobserwowano także korelację pomiędzy ilością fazy ciekłej w klinkierze a porowatością zamkniętą. Butt i inni (6) uważają, że ze wzrostem zawartości fazy ciekłej w klinkierze maleje objętość porów o promieniach w przedziale od 1 do 125 mm, natomiast objętość małych porów (od 1 do 0,0005 mm) rośnie. Potwierdzają to pośrednio badania przeprowadzone w IMMB (tablica 1).

3.3. Proces technologiczny

Racjonalny przebieg procesu przemiału klinkieru może być realizowany przy możliwie stabilnych wielkościach wskaźników mielności. Z tego też względu niezbędne jest takie prowadzenie procesu technologicznego, by cel ten osiągnąć. Dla zapewnienia dobrych warunków procesu technologicznego konieczne jest przestrzeganie warunków tego procesu w kolejnych fazach produkcji, poczynając już od wstępnej homogenizacji surowców (w składzie uśredniającym) i przemiału surowców (osiągnięcie wymaganego składu ziarnowego mączki surowcowej, co ma istotny wpływ na proces klinkieryzacji) oraz dobrej homogenizacji mączki w silosach. Naturalnie skład chemiczny mączki powinien ulegać jak najmniejszym wahaniom. Ważną rolę odgrywa tutaj rodzaj stosowanych surowców, na przykład wprowadzenie do zestawu surowcowego krzemionki w postaci kwarcu (bardzo trudnego do przemiału) może spowodować, iż w granulach klinkieru mogą znaleźć się nie rozdrobnione ziarna kwarcu, w znacznym stopniu ograniczając jego zdolność do przemielenia.

Stabilność procesu wypalania klinkieru w piecu obrotowym, prowadzonego w optymalnym zakresie temperatur, przy stosowaniu

paliwa o wymaganej wartości opałowej (możliwie z jednego źródła), jest szczególnie ważna przy paliwie stałym, a więc węglu (zawartość popiołu). Nie bez znaczenia jest także właściwe prowadzenie procesu chłodzenia klinkieru.

Przy prowadzeniu procesu technologicznego w sposób spełniający podane warunki mielność wytwarzanego klinkieru powinna ulegać bardzo małym wahaniom. Trzeba jednak zdać sobie sprawę, iż w praktyce przemysłowej nie często można osiągnąć takie warunki. Stąd, jak wykazały to badania prowadzone w IMMB, mielność klinkierów produkowanych w tej samej cementowni wykazuje pewne różnice.

W procesie przemiału klinkieru, zależnie od produkowanej klasy cementu, stosuje się dodatki. Są to głównie żużel wielkopiecowy, popioły lotne względnie kamień wapienny. Dodatki te nie wpływają w sposób zasadniczy na mielność mieszaniny klinkieru i dodatku. Najczęściej stosowany żużel ze względu na swoją szklistą strukturę przemiela się łatwiej, co stwierdzono w badaniach przeprowadzonych w IMMB. Przemielano bowiem osobno te materiały w takich samych warunkach, oznaczając skład ziarnowy próbek pobieranych z młynka laboratoryjnego w równych odstępach czasu do momentu zakończenia badań (do osiągnięcia założonego stopnia rozdrobnienia). Stwierdzono o wiele szybszy przyrost wymiaru średniego ziarna (d_{80}) dla żużla niż dla klinkieru. Powodem tego jest duża niejednorodność struktury klinkieru, wielofazowość i zróżnicowany pokrój kryształów.

4. Praktyczne wykorzystanie wyników oznaczeń mielności klinkieru

Znajomość mielności klinkieru cementowego, bez względu na zastosowaną metodę jej oznaczania, wyrażonej ilością energii elektrycznej na jednostkę masy produktu - cementu, jest bardzo istotna i może być wykorzystywana przede wszystkim przez producentów maszyn i urządzeń przemiałowych, a także jest wskaźnikiem bardzo pomocnym w praktyce przemysłowej w optymalizacji procesów przemiału cementu.

Klinkier cementowy jest najtrudniej przemielałym się materiałem w całym procesie produkcji cementu. W przemyśle cementowym na całym świecie do przemiału cementu stosowane są młyny kulowe, pracujące zarówno w cyklu otwartym jak i zamkniętym. Od pewnego czasu podejmowane są, z powodzeniem, próby wprowadzania urządzeń mielących cement działających na innej zasadzie niż tradycyjne młyny kulowe. Zostaną one omówione pokrótce niżej.

Ze względu na dużą energochłonność procesu przemiału cementu każde działanie podejmowane przez technologów w celu zmniejszenia zużycia energii na prowadzenie tego procesu są ze wszelkich miar celowe. Znajomość mielności klinkieru pozwala na dokonanie możliwie jak najdokładniejszego doboru ciał mielących (kul), tak aby ich średnica była dostosowana do zmieniającego się uziarnienia przemielenego materiału wraz z jego przemieszczaniem się wzdłuż osi młyna.

Proste wzory empiryczne (zaproponowane przez Bonda) pozwalają, przy założonym uziarnieniu nadawy do młyna (klinkieru) jak i uziarnieniu produktu końcowego (cementu) oraz wartości wskaźnika mielności W_i , obliczyć optymalny ładunek mielników. Zakres niniejszego artykułu nie pozwala na szczegółowe omówienie tej metody doboru mielników, jest to jednak czynność prosta, z powodzeniem sprawdzona w praktyce przemysłowej.

Należy podkreślić, iż racjonalny dobór ciał mielących wzdłuż osi młyna, dostosowany do coraz drobniejszego uziarnienia mielonego materiału (uziarnienie to często wyrażane jest za pomocą wielkości d_{80} , to jest wielkości otworów sita przez które przechodzi 80% materiału), zapewnia prawidłowy przebieg procesu.

Stosowany w przemyśle cementowym system dosypywania mielników (kul) o większych średnicach – przy założeniu, że kule ulegają ścieraniu, z czasem zmniejszając swą średnicę – jest działaniem nieracjonalnym, wpływającym niekorzystnie na przebieg mielenia i zwiększającym energochłonność procesu.

Powszechnie stosowaną metodą sprawdzania prawidłowości procesu przemiału jest wykreślenie tak zwanej krzywej przemiału, która ilustruje zmianę składu ziarnowego mielonego materiału pobranego w równych odstępach wzdłuż długości młyna.

Istotną dla właściwego przebiegu mielenia cementu sprawą jest okresowe dokonywanie kontroli stanu mielników pod względem prawidłowości ich wymiarów (średnic), usuwanie mielników zniekształconych oraz dosypywanie w odpowiednich ilościach mielników nowych, z zachowaniem ich wymaganych wymiarów. Okresowa kontrola stanu napelnienia młyna kulami z wykorzystaniem danych z krzywych przemiału powinna przyczyniać się do prawidłowego przebiegu przemiału klinkieru cementowego. Ze wszelkich miar celowe byłoby okresowe oznaczanie mielności klinkieru (mogą to wykonywać odpowiednie jednostki naukowo-badawcze), ponieważ pozwoliłoby to na uzyskanie jeszcze jednej istotnej informacji o wielkości mającej wpływ na proces przemiału klinkieru cementowego.

5. Uwagi końcowe

W artykule omówiono czynniki mające wpływ na mielność klinkieru cementowego, który należy do najtrudniej przemielających się materiałów w całym procesie technologicznym wytwarzania cementu. Przemiał cementu jest realizowany w młynach kulowych w różnych układach, coraz powszechniej pracujących w cyklu zamkniętym z separatorami o wysokiej sprawności. Podejmowane są jednak działania mające na celu przede wszystkim zmniejszenie zużycia energii na proces mielenia, zmierzające do zastąpienia młynów kulowych innymi urządzeniami.

I tak firma KHD Humboldt Wedag, od wielu lat produkująca prasy walcowe, określane niekiedy nazwą młyny walcowe (ang. roller press) od pewnego czasu stosuje je do przemiału klinkieru, początkowo jako pierwszy stopień przemiału współpracujący z młynem kulowym, a ostatnio jako samodzielne urządzenia do końco-

wego przemiału. Są one wyposażone w separatory najnowszej generacji, pozwalające na uzyskanie wymaganego uziarnienia produktu. Już od połowy lat 90-tych firma ta zainstalowała i uruchomiła około 60-ciu instalacji, najwięcej w Europie i Azji.

Prasy walcowe wymagają znacznie mniej miejsca dla ich zabudowy i charakteryzują się mniejszym niż młyny kulowe zużyciem energii. Remonty powierzchni walców prasy nie wymagają demontażu walców, dzięki odpowiednim urządzeniom do ich napawania.

Prasy walcowe mogą być także z powodzeniem wykorzystywane do modernizacji istniejących działów młynów do cementu, prowadzącej do zwiększenia mocy produkcyjnej tych działów i obniżenia kosztów produkcji. Taką modernizację przeprowadzono w Cementowni Górażdże (7). Prasy walcowe wytwarzane są również przez innych producentów, na przykład firmy Polysius oraz F.L. Smidth.

Ostatnio do przemiału cementu zaczęto stosować młyny misowo-rolkowe, dotychczas wykorzystywane głównie do przemiału surowców w przemyśle cementowym, wytwarzania mączek wapiennych do odsiarczania spalin, produkcji mas bitumicznych itp. Firmy Onoda Engineering and Consulting i Kobe Steel zrekonstruowały młyn misowo-rolkowy przystosowując go do przemiału cementu. Firma

F.L. Smidth zakupiła licencję na produkcję tych urządzeń i wykonała kilka sztuk tego rodzaju młynów z przeznaczeniem dla Ameryki Południowej (8). Młyn ten, o nazwie OK, posiada cztery rolki o odmienniej konstrukcji w stosunku do tradycyjnych młynów misowo-rolkowych. Rolki posiadają na swojej powierzchni mielącą wgłębienie, co daje dwie strefy zgniotu i pozwala na osiągnięcie wymaganego dla cementu stopnia rozdrobnienia. Separator umieszczony jest wewnątrz młyna, dzięki czemu klinkier wprowadzony do młyna opuszcza go jako gotowy cement. Jest to niewątpliwa zaleta tego urządzenia i można przypuszczać, iż rozwiązanie to stanowi dalszy krok w kierunku optymalizacji procesów przemiału.

Literatura

1. R. Szromba, Cement-Wapno-Gips 4, 109 i 5, 150 (1983).
2. E.O. Voggh, World Cement 10, 440 (1994).
3. G. Uland, Zement-Kalk-Gips International 2, 61 (201).
4. S. Maki i inni, Cem.Concr.Res. 23, 1078 (1993).
5. K. Theisen, World Cement 8, 17 (1993).
6. K. Butt i inni, Zement-Kalk-Gips 1, 27 (1974).
7. E. Jelito, Cement-Wapno-Beton 6, 245 (2002).
8. S.W. Jorgensen, Cement-Wapno-Beton 4, 178 (2004).

VAUTID[®]
fights wear

Wydłużenie żywotności z VAUTID

VAUTID[®] to nowoczesna technologia przeciw ścieraniu. Dzięki jej zastosowaniu możliwe jest kilkukrotne obniżenie kosztów eksploatacji elementów maszyn i urządzeń podatnych na zużycie ścierne, temperaturę oraz korozję.

Oferujemy: elektrody otulone, druty proszkowe, płyty warstwowe oraz odlewy.

Wykonujemy usługi napawania, oraz montujemy u klienta elementy z płyt warstwowych VAUTID[®]. Oferujemy również doradztwo w zakresie doboru odpowiedniej technologii VAUTID[®].

Równocześnie proponujemy:

- Remonty maszyn i urządzeń w zakładach przemysłowych wszelkich branż, a szczególnie w zakładach cementowych, chemicznych, materiałów budowlanych.
- Elementy stalowe maszyn i urządzeń (przenośniki, wentylatory, cyklony, zbiorniki, kompensatory, przewody rurowe, stożki, kolana, kominy, podesty, galerie i inne).
- Konstrukcje stalowe budowlane (hale, wiaty, konstrukcje dachowe) wraz z montażem.
- Usługi sprzętowe – dźwigi 40 t, 8 t.



"Remur-Rudniki" Sp. z o.o. ul. Mstowska 10 A, 42-240 Rudniki k/Częstochowy

tel./fax (034) 320 1206, tel. 321 0316, 321 0341, www.remur-rudniki.pf.pl,

e-mail: remurrudniki@onet.pl