

Jerzy DUDA

Instytut Mineralnych Materiałów Budowlanych  
w Opolu

## SPOSÓB WYKORZYSTANIA ODPADÓW POWĘGLOWYCH W PROCESIE PRODUKCJI KLINKIERU

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono możliwości utylizacji odpadów powęglowych w przemyśle cementowym. Pilna potrzeba utylizacji odpadów przemysłu węglowego z jednej strony oraz dążenie przez przemysł cementowy do obniżenia zużycia paliw i surowców naturalnych z drugiej strony były powodem wykorzystania odpadów powęglowych w procesie produkcji klinkieru cementowego.

Na przykładzie modernizacji cementowni pracującej metodą mokrą na metodą półmokrą przedstawiono jeden ze sposobów wykorzystania tych odpadów jako źródła dodatkowego ciepła oraz jako surowca.

### 1. WSTĘP

Wraz ze wzrostem wydobycia węgla obserwuje się znaczny przyrost odpadów powęglowych, tzw. łupków przywęglowych, które dla kopalń stwarzają duże kłopoty. Wyciągają one znacznych terenów i wysokich kosztów związanych z ich składowaniem. Często składowane odpady, które zawierają jeszcze ok. 10-15% węgla, są przyczyną skażenia środowiska wskutek wydzielania się do atmosfery szkodliwych związków  $SO_2$  i CO powstałych w wyniku samozapłonów hałd.

Wszystkie te czynniki spowodowały, że przemysł wydobywczy już od dłuższego czasu czyni starania zagospodarowania tych odpadów w innych gałęziach przemysłu. Mimo tych działań utylizacja odpadów jest ciągle mała, w związku z tym zajmowane są coraz to nowsze tereny, często rolnicze, na składowiska. Jednym z przemysłów, który szczególnie w ostatnim okresie zainteresowany jest wykorzystaniem tych odpadów oraz może się już pochwalić kilkoma wdrożeniami nowych technologii, bazujących na łupkach przywęglowych względnie popiołach lotnych, jest przemysł cementowy.

## 2. CHARAKTERYSTYKA PRZEMYSŁU CEMENTOWEGO POD KĄTEM ZABEZPIECZENIA PALIW I SUROWCÓW

Energochłonny i masowy charakter procesu wytwarzania cementu powoduje, że przemysł cementowy zużywa znaczne ilości paliw i surowców naturalnych, takich jak wapień, margiel i glina. Intensywna eksploatacja tych surowców spowodowała już ich znaczne wyczerpanie, dotyczy to szczególnie surowców marglistych. Wiele cementowni narzeka na ich zupełny brak lub złą jakość, a każde udostępnienie nowych złóż związane jest z dużymi nakładami finansowymi oraz ze zmniejszeniem się terenów rolniczych. Podobnie wygląda problem, jeżeli chodzi o zabezpieczenie paliwa dla procesu wypalania klinkieru. Krajowy przemysł cementowy jako paliwo zużywa głównie węgiel kamienny. Istniejące jeszcze instalacje opalane mazutem, ze względu na ostry deficyt paliw płynnych, są obecnie modernizowane i przechodzą na opalanie pyłem węglowym. Roczne zużycie węgla w skali całego przemysłu jest bardzo wysokie i wynosi ok. 4,5 mln Mg. Spowodowane to jest nie tylko tym, że ok. 60% cementu wytwarza się jeszcze energochłonną metodą mokrą, ale również tym, że, poza nielicznymi przypadkami, nasze cementownie są wyposażone w przestarzały park maszynowy o niskim stopniu mechanizacji i automatyzacji. Średnie jednostkowe zużycie ciepła na wypał klinkieru w naszym przemyśle wynosi ok. 6700 kJ/kg i jest ono prawie 2-krotnie wyższe niż w krajach wysoko rozwiniętych gdzie wynosi ono ok. 3800 kJ/kg. Wysoka energochłonność polskiego przemysłu cementowego oraz występujące kłopoty surowcowe i paliwowo-energetyczne, w wyniku których występują często ograniczenia w dostawach lub ich całkowity brak, zmuszają przemysł do szukania metod obniżenia energochłonności i technologii, które pozwolą na wykorzystanie surowców odpadowych w miejsce stosowanych surowców naturalnych. Obecnie prowadzone są na szeroką skalę prace dotyczące modernizacji procesu wytwarzania cementu, które ukierunkowane są głównie na:

- wyeliminowanie metody mokrej produkcji,
- wdrażanie nowych energooszczędnych technologii,
- wykorzystanie tzw. wtórnych zasobów energetycznych oraz surowców odpadowych w procesie produkcyjnym.

### 3. MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA ODPADÓW

Odpady przemysłowe w procesie produkcji klinkieru mogą być wykorzystywane zarówno jako surowiec, jak też jako substytut paliwa. Wysokie ceny paliw przy dużej energochłonności zmuszają przemysł cementowy do poszukiwania nowych rozwiązań zmniejszających zużycie paliw i energii. Obserwuje się w tym okresie rozwój nowych technologii wypalania metodą suchą w piecach z cyklonowymi wymiennikami ciepła oraz z układami wstępnej kalcynacji. Wprowadzenie tzw. 2-stopniowego opalania /wstępnej kalcynacji/ pozwoliło wykorzystywać w procesie wypalania klinkieru częściowo paliwa o niższej wartości opałowej /poniżej 21000 kJ/kg/ względnie inne odpady palne. Między innymi dość powszechnie w krajach zachodnioeuropejskich zaczęto wykorzystywać jako źródło dodatkowego ciepła w układach wstępnej kalcynacji spalanie zużytych opon samochodowych, gumowych taśm transportowych, przetworzonych olejów lub innych odpadów palnych z przemysłu rafineryjnego. Odpady te są najczęściej dozowane bezpośrednio do komory wzniosowej łączącej wylot z pieca z zewnętrznym wymiennikiem ciepła. Dzięki warunkom spalania, jakie panują w tym miejscu /wysoka temperatura - ok. 1300 K - oraz odpowiedni nadmiar powietrza/, odpady te nie wymagają żadnego wstępnego przygotowania. Stosowanie tych odpadów pozwala zaoszczędzić ok. 20 - 40 % paliwa podstawowego. Również u nas w kraju wykorzystuje się zużyte opony samochodowe oraz odpady przemysłu rafineryjnego - tzw. kożuchy - w procesie wypalania klinkieru. Jednak ze względu na małą ilość tych odpadów i w związku z tym ograniczone ich stosowanie szuka się innych odpadów i rozwiązań zabezpieczających ich ciągłe stosowanie.

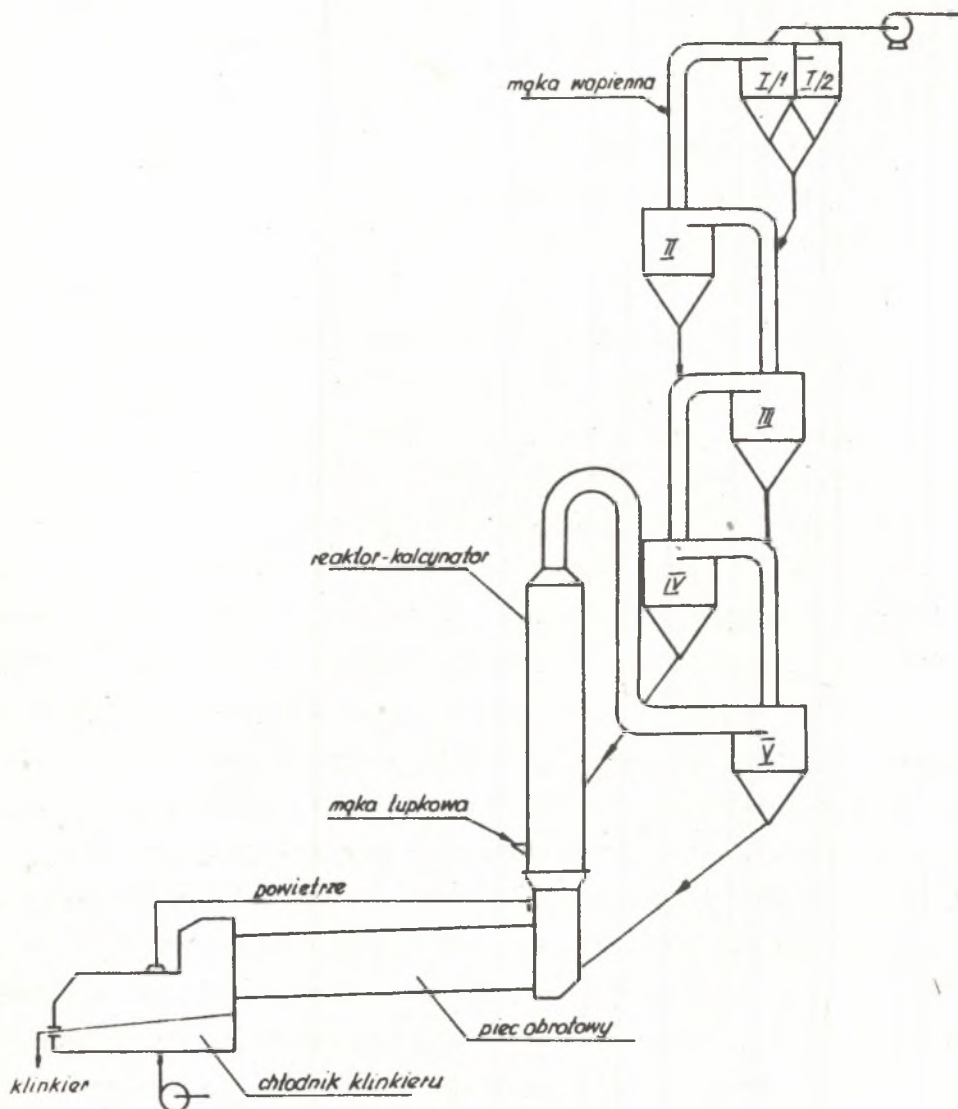
Innym sposobem utylizacji odpadów w procesie produkcji klinkieru jest wykorzystywanie ich jako surowca. Występujący brak tradycyjnych surowców naturalnych oraz bezwzględna potrzeba utylizacji odpadów powęglowych, które dzięki swoim własnościom chemicznym i mineralogicznym odpowiadają wymogom surowcowym, zmusił przemysł cementowy do zainteresowania się tymi odpadami.

Pierwsze próby przemysłowego wykorzystania odpadów powęglowych jako surowca przeprowadzono już w latach 1969-1971 w jednej z cementowni pracującej metodą mokrą. W czasie wypalania szlamu "łupkowego" nie stwierdzono istotnych różnic w stosunku do szlamu tradycyjnego, a uzyskany klinkier o wytrzymałości 40 MPa potwierdził możliwość wykorzystania odpadów w procesie produkcji klinkieru cementowego. Mimo tych obiecujących wyników odpady powęglowe na szeroką skalę nie znalazły jednak zastosowania. Spowodowane to było głównie trudnościami technologicznymi, związanymi z otrzymaniem jednorodnego szlamu na skutek gorszych własności szlamowania i przemiału łupków w stosunku do kamienia wapiennego. Stwierdzono również znaczny wzrost emisji pyłów z pieca, spowodowany przesuszeniem szlamu w wyniku nadmiaru ciepła w strefie suszenia powstałego po spaleniu węgla znajdującego się w surowcu /odpadach/. Z wyżej przedstawionych względów zaniechano ostatecznie stosowania odpadów powęglowych w procesie produkcji klinkieru. Ponownie do problemu wykorzystania łupków powrócono w związku z projektem modernizacji Cementowni WARTA II. Okazało się wówczas, że cementownia nie posiada surowca niskiego i zmuszone będzie otworzyć nowe złożo, co pociągnie za sobą znaczne koszty oraz stratę obszarów rolniczych. Natomiast istnieje do zagospodarowania ten surowiec odpadowy - łupek przywęglowy, który odpowiada warunkom surowca niskiego. Uwzględniając doświadczenia ze stosowania łupków w metodzie mokrej, w Instytucie Mineralnych Materiałów Budowlanych opracowano nową oryginalną metodę półmokrą wykorzystania odpadów jako surowca oraz źródła dodatkowego ciepła.



#### 4. ZASTOSOWANIE ODPADÓW POWĘGLOWYCH W METODZIE PÓŁMOKREJ

W celu wyeliminowania zakłóceń, jakie powstały w procesie wypalania klinkieru metodą mokrą przy stosowaniu odpadów powęglowych, założono w nowej technologii oddzielne przygotowanie /przemiał i homogenizacja/ surowca wapiennego i łupka. Drugim istotnym elementem tego rozwiązania jest wykorzystanie odpadów najpierw jako źródła części ciepła w procesie, a dopiero powstały po spaleniu zawartego w nich węgla materiał jako składnik mieszaniny surowcowej. Po raz pierwszy podobne rozwiązanie, dotyczące wykorzystania łupków bitumicznych jako surowca i nośnika ciepła, zastosowała firma POLYSIUS w rozwiązaniu znanym jako proces ROHRBACH /od nazwiska twórcy [1] . W metodzie tej /rys. 1/ mączka wapienna po zhomogenizowaniu dozowana jest tradycyjnie do przewodu łączącego 1 i 2 stopień wymiennika cyklonowego, natomiast męka łupkowa jest dozowana do reaktora-kalcynatora, w którym następuje spalenie węgla i wymieszanie z podgrzaną męką wapienną. W wyniku tego otrzymuje się właściwą mękę surowcową, która wprowadzona do pieca podlega dalszej obróbce cieplnej. W IMMB w związku z prowadzonymi pracami badawczymi, dotyczącymi modernizacji metody mokrej produkcji, opracowano wariantową koncepcję przebudowy na metodę suchą lub półmokrą z wykorzystaniem w procesie odpadów powęglowych lub popiołów lotnych [2] , [3] . Oczywiście największe efekty ekonomiczne, przyrost produkcji i obniżenie zużycia paliwa daje wariant przejścia na metodę suchą, jednak wymaga on znacznych nakładów finansowych, związanych głównie z budową nowego działu przygotowania mączki wapiennej. Ze względu na wysoki koszt modernizacji oraz brak środków finansowych opracowano wariant przejściowy /metoda półmokra/, tańszy prawie o 50% w stosunku do metody suchej. Dzięki oryginalnemu wykorzystaniu odpadów powęglowych w tej metodzie uzyskano znaczne efekty ekonomiczne, co przy niskich nakładach na realizację przebudowy spowodowało, że wariant ten charakteryzuje się najlepszą efektywnością i dzięki temu jest aktualnie wdrażany w Cementowni WARTA II. Istotą rozwiązania metody półmokrej

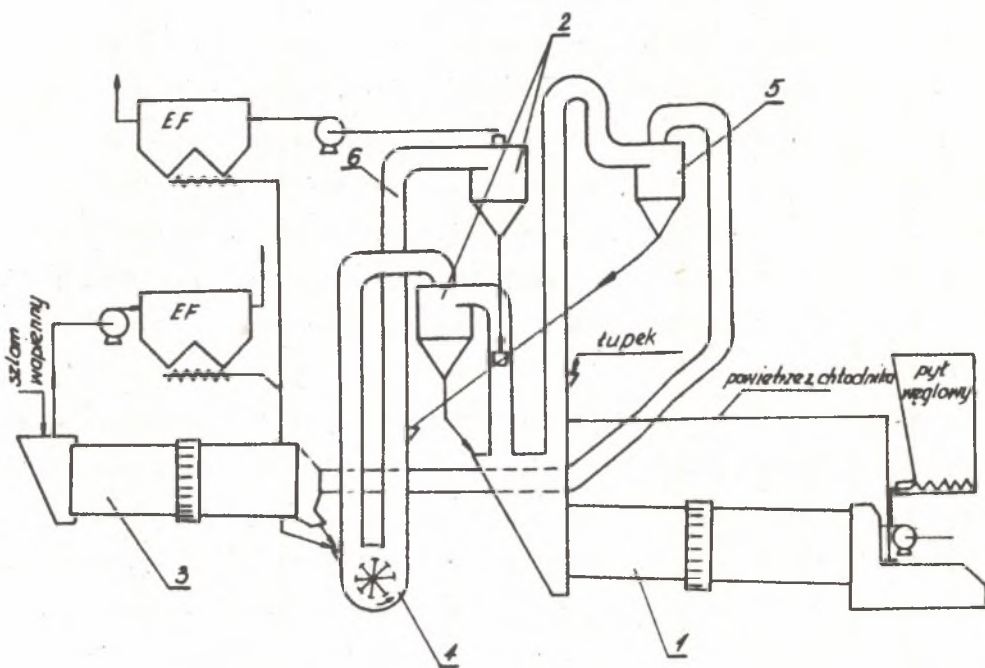


Rys. 1. Schemat procesu ROHRBACH-POLYSIUS

Fig. 1. Flow diagram of "ROHRBACH-POLYSIUS" process

przedstawiono na rys. 2. Jest to połączenie metody mokrej z suchą, polegające na przygotowaniu surowca wapiennego w postaci szlamu i surowca niskiego w postaci suchej mączki łupkowej. Piec jest wyposażony w 2-stopniowy wymiennik cyklonowy i reaktor łupka, w którym następuje spalanie węgla zawartego w mączce łupkowej.

Szlam wapienny o wilgotności ok. 30-32 % przed dozowaniem do pieca jest suszony w suszarni obrotowej 3 mieszającą gazów powstałych ze spalania żupków i części gazów odlotowych z pieca do wilgotności końcowej poniżej 10%. Następnie wprowadzony zostaje do 2 stopnia suszenia - żłyna wentylatorowego 4, który jest zabudowany pomiędzy 1 i 2 stopniem wymiennika cyklonowego. W żłynie wentylatorowym następuje końcowe suszenie szlamu i rozbicie powstałych granул, w wyniku czego powstaje



Rys. 2. Schemat technologiczny metody półmokrej

Fig. 2. Flowsheet of "semitwet method"

mączka wapienna. Powstały po spalaniu łupka popiół w reaktorze 5 zostaje wprowadzony do przewodu wylotowego 6, gdzie następuje wstępna mieszanie mączki wapiennej i łupkowej. Powstała mieszanina wprowadzona zostaje następnie do 2-stopniowego wymiennika cyklonowego 2, gdzie następuje dalsze ujednorodnianie powstałej mieszaniny i wstępna obróbka cieplna. Tak przygotowana mieszanina surowcowa wprowadzona zostaje następnie do pieca obrotowego 1, gdzie następuje właściwy proces wypalania. Nowa metoda wykorzystania odpadów powęglowych, które stanowią surowiec niski i są źródłem dodatkowego ciepła, pozwala obniżyć jednostkowe zużycie ciepła na wypał klinkieru z ok. 7940 kJ/kg do ok. 5000 kJ/kg. Uwzględniając, że ok. 1000 kJ/kg pochodzi ze spalania łupków, to faktyczne zużycie ciepła z paliwa technologicznego wynosi tylko ok. 4000 kJ/kg, co odpowiada metodzie suchej - długi piec. Przedstawione rozwiązanie pozwala również stosować popioły lotne w miejsce łupka przywęglowego, jako surowiec niski. W takim przypadku do reaktora łupka 5 trzeba podawać dodatkowo pył węglowy. Przy stosowaniu popiołów lotnych jednostkowe zużycie ciepła na wypał klinkieru będzie wyższe o ok. 1000 kJ/kg.

## 5. PODSUMOWANIE

Przemysł cementowy umożliwi zagospodarowanie znacznych ilości odpadów przemysłowych. Sprzyja to poprawie efektywności działania zakładu produkcyjnego oraz umożliwi utylizację odpadów, wpływając tym samym na ochronę środowiska, gruntów rolnych i naturalnych surowców, łupka przywęglowy, z którym są duże problemy związane z jego zagospodarowaniem, dzięki nowej technologii stał się atrakcyjnym surowcem w przemyśle cementowym. Umożliwi ona praktyczne wykorzystanie zawartej w nim energii cieplnej, co, w zależności od metody produkcji i własności surowca wapiennego, daje oszczędność paliwa rzędu 20-50%. Przedstawione rozwiązanie dla Cementowni WARTA II pozwoli rocznie zagospodarować ok. 210 tys. Mg odpadów.



## LITERATURA

1. Rechmeier H.: Der fünfstufige Wärmetauscherofen zum Brennen von Klinker aus Kalkstein und Ölschiefer. Zement-Kalk-Gips 23 /1970/ s. 249.
2. Weryński B., Duda J.: Modernizacja dużych pieców obrotowych ze zmianą metody produkcji. Cement - Wapno - Gips 1 /1984/, s. 5.
3. Duda J.: Nowa metoda produkcji klinkieru w Cementowni WARTA II. Cement-Wapno-Gips 5 /1985/, s.117.

Wpłynęło do Redakcji: listopad 1986

Recenzent

Doc.dr hab.inż. Jan Składzień

## A WAY OF UTILIZING BY-COAL WASTES IN THE CLINKER MANUFACTURING PROCESS

## S u m m a r y

In the paper there have been presented possibilities of utilizing by-coal wastes in the cement industry. Urgent necessity to utilize wastes from the hard coal extraction industry on the one hand and the trend of the cement industry to lower the consumption rate of fuels and natural raw materials on the other hand, were both one of the reasons to make use of by-coal wastes in the process of cement clinker production.

On the example of converting a cement factory from wet to semiwet mode functioning, there has been presented one of the ways in utilizing the above wastes as source of supplementary heat and as raw material. In this process the wastes undergo outburning in a special reactor. The heat from this burning is utilized to predry in a drum-dryer the limestone slurry, which is then mixed in the cyclone preheater area with the reactor-generated ash, forming a raw mix being next burnt in a rotary kiln.

The presented mode of clinker production, besides the solution of an important problem of utilizing by-coal wastes, yields also a lot of economical profits.

It allows fuel consumption lowering at a range of 20-40 %, depending on the clinker burning mode and participation rate of the shale wastes in the raw mix, and solves the problem of the low-rated raw material.

### СПОСОБ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УГЛИСТЫХ ОТХОДОВ В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА КЛИНКЕРА

#### Резюме

В статье представлены возможности утилизации углистых сланцев в цементной промышленности. Неотложная необходимость в утилизации отходов угольной промышленности с одной стороны, и стремлением цементной промышленности к снижению расхода топлива и натурального сырья с другой стороны, явилось одной из причин использования углистых сланцев в процессе производства цементного клинкера. На примере модернизации цементного завода, работающего по мокрому способу, на сухой способ, представлена один из способов использования этих отходов как источника дополнительного тепла, а также как сырья. В этом процессе отходы подвергаются сжатию в специальном реакторе. Тепло сгорания используется для предварительной сушки известкового шлама, зато остальная зола смешивается с высушенным известковым шламом, создавая сырьевую смесь, которая после этого обжигается во вращающейся печи. Представленный способ производства клинкера, кроме решения важной проблемы утилизации углистых сланцев, даёт также значительный экономический эффект. Позволяет снизить расход топлива на 20 - 40 %, в зависимости от способа обжига и удельного веса сланцев в сырье, а также решает проблему низкого сырья.