

Młyny młotkowe w procesach produkcji mączek mineralnych gruboziarnistych

W artykule przedstawiono charakterystykę produktów rozdrabniania uzyskiwanych z różnego rodzaju urządzeń, stosowanych w procesach produkcji mączek mineralnych. Szczególną uwagę poświęcono kruszarkom i młynom młotkowym. Podano składy ziarnowe mączek otrzymywanych w różnych warunkach przemiału. Poruszono także niektóre zagadnienia związane z procesami produkcji mączek, jak suszenie, przesiewanie i separację powietrzną. Podano przykładowe rozwiązania technologiczne procesu produkcji mączek wapiennych w młynach młotkowych.

1. Wprowadzenie

Mączki mineralne znajdują wielorakie zastosowanie w procesach produkcji materiałów budowlanych, oczyszczania wody, odsiarczania spalin i innych dziedzinach gospodarki. Główną operacją w procesach ich wytwarzania jest rozdrabnianie. Celem rozdrabniania jest uzyskanie produktów o określonych wymiarach i kształcie ziaren. Często wymagane jest uzyskanie wąskiej klasy ziarnowej danego produktu mineralnego. W niektórych zastosowaniach ważny jest też foremny kształt ziaren produktu. Pojawia się wówczas pytanie, jakie zastosować urządzenie rozdrabniające, aby osiągnąć zamierzone efekty. W artykule przedstawiono charakterystykę produktów otrzymywanych z różnego rodzaju urządzeń rozdrabniających, ze szczególnym uwzględnieniem kruszarek i młynów młotkowych.

Jako wypełniacze mineralne najczęściej używane są mączki wapienne i dolomitowe. Mączki wapienne są stosowane powszechnie jako wypełniacze w produkcji gotowych mieszankach tynkarskich, gładzi, szpachli itp. Mączki wapienne gruboziarniste wykorzystywane są jako sorbenty w procesach odsiarczania spalin w kotłach fluidalnych. Mączki i drobne kruszywa otrzymywane z surowców krzemionkowych mogą być używane w procesach oczyszczania

* Dr inż., Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie, Oddział Szkła i Materiałów Budowlanych w Krakowie.

wody. Wyszczególnione powyżej mączki posiadają różne uziarnienie zależnie od konkretnego zastosowania, ale najczęściej mieszczą się w przedziale 0,1–1,0 mm, niekiedy ponad 2,0 mm. Zawartość frakcji najdrobniejszych w tego typu wypełniaczach jest ograniczona. Oprócz mączek gruboziarnistych duże zastosowanie znajdują mączki drobnoziarniste, jak np. mączki do mas mineralno-bitumicznych, czy sorbenty wykorzystywane w mokrych metodach odsiarczania spalin.

2. Urządzenia rozdrabniające

Jako urządzenia mielące w procesach produkcji wypełniaczy mineralnych stosowane mogą być różnego rodzaju młyny, spośród których najczęściej spotyka się młyny rurowe kulowe, młyny pionowe misowo-rolowe lub misowo-kulowe, młyny młotkowe i coraz częściej ostatnio wykorzystywane prasy walcowe. Jedną z najistotniejszych zalet kruszarek i młynów młotkowych jest ich bardzo niska energochłonność. Z analizy energochłonności przemiałów największych krajowych przemiałowni wapieni wynika, że kształtuje się ona w granicach od 13 kWh/Mg dla pras walcowych do 24 kWh/Mg dla młynów pionowych. Są to dane orientacyjne i należy uwzględnić fakt, że odnoszą się do przemiałów różnych wapieni o zróżnicowanej mielności i o różnym stopniu rozdrobnienia produktów. Podane wielkości obejmują także zużycie energii w operacjach transportu i klasyfikacji mączek.

Kruszarki udarowe młotkowe znajdują zastosowanie przeważnie na wtórnych stopniach kruszenia. Uzyskuje się z nich kruszywa lub materiał będący nadawą do młynów. Natomiast młyny młotkowe mogą stanowić podstawowe urządzenie rozdrabniające w przemiałowni produkującej mączki gruboziarniste. Energochłonność przemiału w przemiałowniach z młynami młotkowymi może wynosić poniżej 10 kWh/Mg.

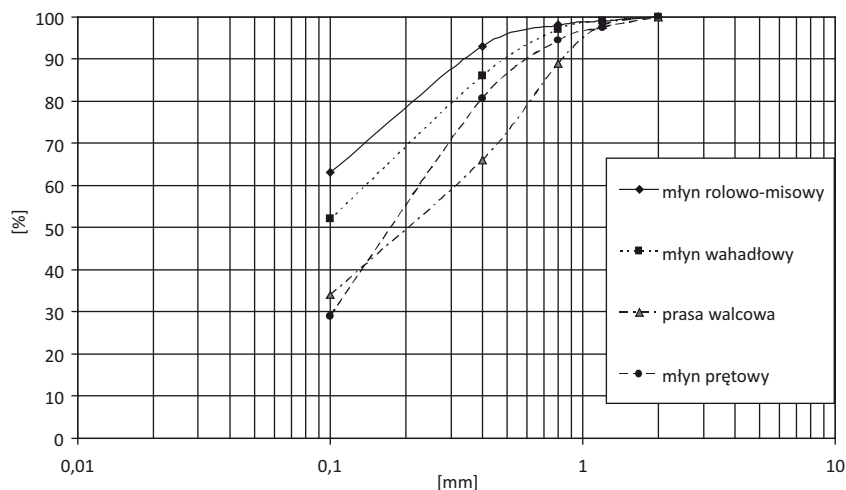
Młyny pionowe misowo-rolowe stanowią często wyposażenie dużych przemiałowni produkujących mączki wapienne. Specyficzną cechą tych urządzeń, obok licznych ich zalet, jest to, że uzyskuje się z nich stosunkowo dużą ilość frakcji najdrobniejszych, poniżej 0,1 mm. Jak już wspomniano, często wymaga się, aby mączki wapienne gruboziarniste zawierały ograniczoną ilość frakcji < 0,1 mm. Jeżeli w przemiałowni produkowane są mączki o zróżnicowanym uziarnieniu, nie stanowi to poważnego problemu. Jeżeli jednak w przemiałowni produkowane będą tylko mączki gruboziarniste (np. sorbenty do kotłów fluidalnych czy wypełniacze do gotowych gipsowych mieszanek tynkarskich), jest to istotny problem z uwagi na nadmierną ilość frakcji najdrobniejszych występującej w produktach przemiału. Z porównania danych dotyczących krajowych przemiałowni wapieni wynika, że w młynach pionowych (np. misowo-rolowych) uzyskuje się stosunkowo dużą ilość frakcji najdrobniejszych (np. < 0,1 mm). Natomiast

młyny młotkowe pozwalają na uzyskanie mączek o stosunkowo najmniejszej ilości najdrobniejszych frakcji ziarnowych.

Tradycyjne młyny rurowe kulowe i prętowe są coraz rzadziej stosowane z uwagi na ich dużą energochłonność. Warto jednak zwrócić uwagę na korzystny skład ziarnowy produktu młyna prętowego, z którego uzyskać można mączkę o zdecydowanie mniejszej zawartości frakcji najdrobniejszej oraz węższym przedziale uziarnienia.

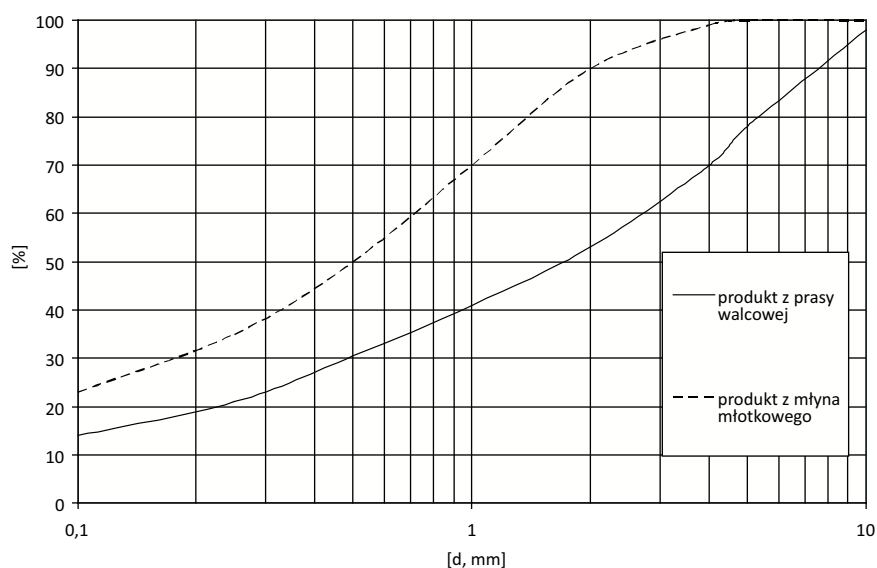
Korzystny skład ziarnowy można uzyskać także z kruszarek walcowych przy małej szczelinie wylotowej. Są to jednak urządzenia o małej wydajności i ostatnio coraz rzadziej stosowane w przeróbce surowców mineralnych.

Efektywność rozdrabniania kamienia wapiennego w młynie młotkowym jest zbliżona do efektywności uzyskiwanej w prasie walcowej. Prasy walcowe mogą być optymalnym urządzeniem w niektórych warunkach, pracują jednak z dużą krotnością obiegu, co rzutuje na rozwiązanie węzłów przemiału i klasyfikacji produktów. Porównanie składów ziarnowych produktów uzyskiwanych w przemiałowniach wyposażonych w różne urządzenia rozdrabniające przedstawiono na rycinie 1, gdzie widoczna jest niska zawartość frakcji najdrobniejszych w produktach uzyskanych z prasy walcowej i młyna prętowego. Skład ziarnowy produktów otrzymanych z prasy walcowej wysokociśnieniowej i młyna młotkowego przedstawiono na rycinie 2. Materiałem przemielanym w omawianych młynach były wapienie. Widoczny jest większy udział mączki gruboziarnistej (0,1–2,0 mm) w produkcie otrzymanym z młyna młotkowego.



Ź r ó d ł o: Opracowanie własne.

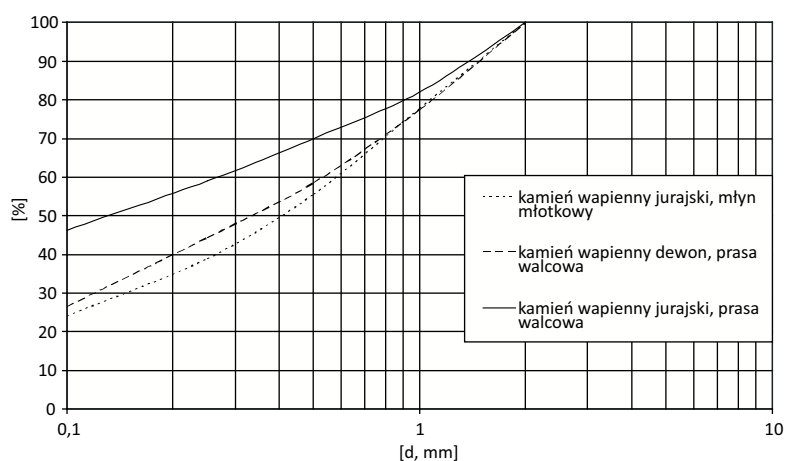
Ryc. 1. Skład ziarnowy mączek wapiennych uzyskiwanych z różnych urządzeń mielących



Źródło: Jak w ryc. 1.

Ryc. 2. Skład ziarnowy wapieni po rozdrabnianiu w prasie walcowej i młynie młotkowym

Porównanie składu ziarnowego gotowych mączek uzyskiwanych z różnych wapieni po prasie walcowej i po młynie młotkowym przedstawiono na rycinie 3. Produkty o uziarnieniu 0–2 mm uzyskano w wyniku przesiewania materiału wychodzącego z prasy i młyna młotkowego.



Źródło: Jak w ryc. 1.

Ryc. 3. Skład ziarnowy produktów 0–2 mm po prasie walcowej i młynie młotkowym

Przy przemiale wapienia związłego dewońskiego z prasy walcowej uzyskiwano mączkę, w której zawartość frakcji $< 0,1$ mm wynosiła ok. 27%. Przy przemiale wapienia miękkiego udział tej frakcji wynosił ok. 47%. Różnice mogą wynikać m.in. z różnej podatności na mielenie kamienia wapiennego. Charakterystyczna jest niska zawartość frakcji $< 0,1$ mm w produkcie otrzymanym z młyna młotkowego (ok. 25%), pomimo że przemielany wapień jurajski posiadał większą podatność na mielenie niż wapień dewoński.

W procesach przemiału ważna jest krotność obiegu materiału. Krotność obiegu k materiału można określić wzorem

$$k = \frac{C - A}{A - B}$$

gdzie:

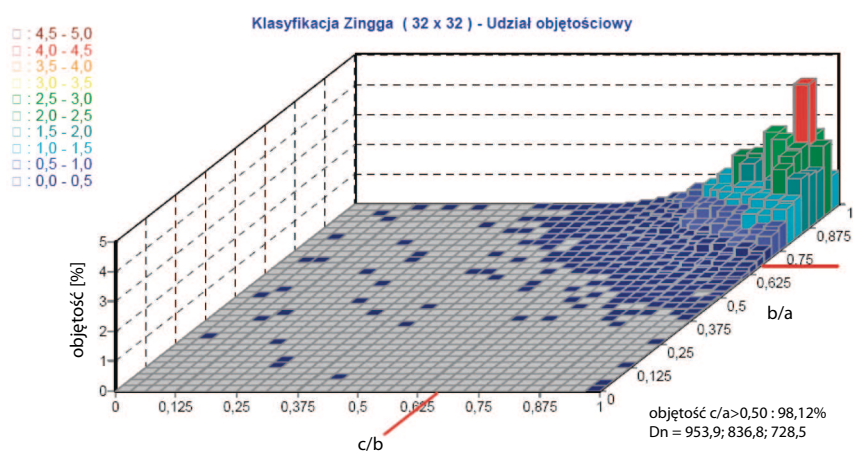
A – zawartość klasy drobnej w nadawie do klasyfikacji [%],

B – zawartość klasy drobnej w zwrocie [%],

C – zawartość klasy drobnej w produkcie [%].

Dla prasy przemielającej wapień zwięzły krotność obiegu materiału może wynosić 1–2. Są to stosunkowo wysokie wartości, które posiadają wpływ na obciążenie urządzeń towarzyszących, a ostatecznie na zużycie energii.

Oprócz składu ziarnowego mineralnych materiałów drobnoziarnistych, stanowiących różnego rodzaju wypełniacze, ważny jest także kształt ziaren uzyskiwanego produktu; otrzymywane z różnych urządzeń rozdrabniających różnią się między sobą. Właściwy skład ziarnowy i kształt ziaren jest istotny ze względu na spełnienie określonych wymagań technologicznych, np. zapewnienie dobrej reologii zaprawy. W ocenie kształtu ziaren materiałów drobnoziarnistych szczególnie przydatne są analizatory wykorzystujące zjawisko zmiany strumienia promieniowania, rozproszonego przez badane cząstki. Na rycinie 4 przedstawiono graficznie wyniki oznaczeń kształtu ziaren przeprowadzonych na analizatorze AWK 3D firmy Kamika.

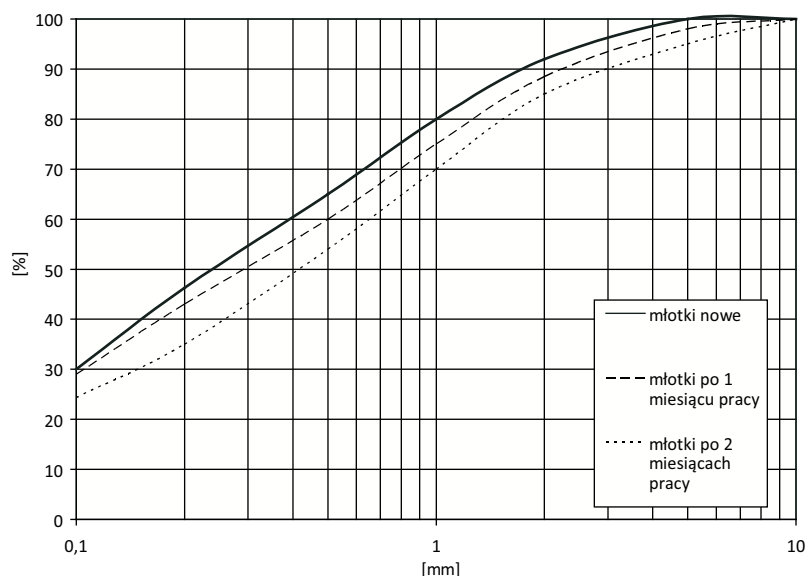


Ryc. 4. Wynik oznaczenia kształtu ziaren dla próbki wapienia 0,4–1,0 mm [2]

3. Kruszarki i młyny młotkowe

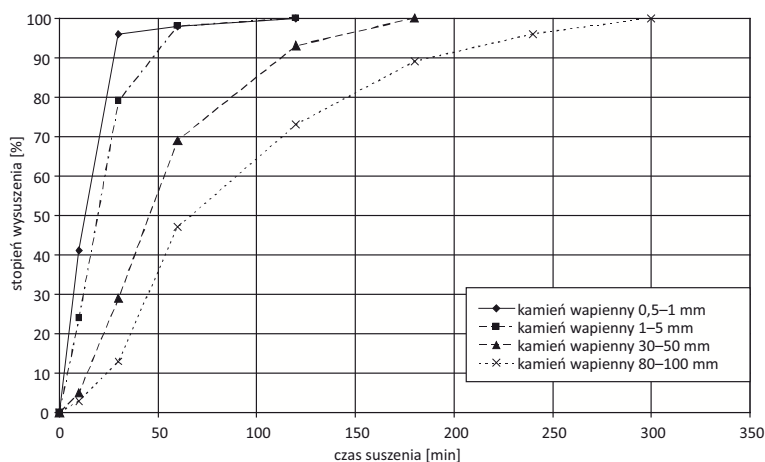
Kruszarki młotkowe należą do grupy kruszarek udarowych, w których dominiuje rozdrabnianie materiału przez uderzenie. Młyny młotkowe posiadają budowę podobną do kruszarek, z tym że przyjmują drobniejszą nadawę i charakteryzują się wysokim stopniem rozdrobnienia. Oprócz kruszarek młotkowych coraz powszechniej stosowane są kruszarki udarowe listwowe, zwane kruszarkami odrzutowymi. Kruszarki i młyny młotkowe charakteryzują się wysokim stopniem rozdrabniania, który dochodzi do 40. Mechanizm rozdrabniania jest podobny w obydwu rodzajach kruszarek. Kruszarki młotkowe posiadają zwykle komorę kruszenia zamkniętą od dołu rusztem. Rozdrabnianie materiału następuje pod wpływem uderzenia młotków, a także ścinania i tarcia zachodzącego w materiale znajdującym się na ruszcie. W kruszarkach udarowych odrzutowych (listwowych), materiał jest odrzucany przez listwy na płyty odbojowe ustawione pod odpowiednim kątem i po wielokrotnym rozdrabnianiu, podobnie jak w kruszarkach młotkowych, opuszcza komorę kruszenia. Wydajność kruszarek i młynów młotkowych zależy od właściwości rozdrabnianego materiału i parametrów konstrukcyjnych młyna, takich jak liczba obrotów wirnika, wymiary wirnika, ilość, kształt i masa młotków, wielkość szczelin wylotowych rusztu, a także odległość młotków od rusztu. Prędkości liniowe elementów udarowych dobierane są do rodzaju rozdrabnianego materiału i mieszczą się w szerokim przedziale, najczęściej od 30 do 70 m/sek. Przy rozdrabnianiu skał osadowych stosowane są wyższe prędkości liniowe elementów udarowych niż dla skał magmowych. Stosowanie elementów roboczych o coraz lepszych parametrach wytrzymałościowych pozwala na prowadzenie procesów kruszenia i przemiału przy coraz

wyższych prędkościach liniowych młotków i listew. Wysokie prędkości liniowe elementów uderowych zwiększają wydajność i stopień rozdrobnienia, ale równocześnie następuje szybsze zużycie młotków, płyt odbojowych i rusztów. Wśród kruszarek i młynów młotkowych spotkać można urządzenia o różnych rozwiązaniach konstrukcyjnych. Na rycinie 5 przedstawiono składy ziarnowe produktów uzyskiwanych z kruszarki młotkowej typ 41.98 Makrum.



Ryc. 5. Skład ziarnowy wapienia po kruszarce młotkowej typu 41.98 (szczelina rusztu 5 mm, prędkość młotków $v = 50$ m/sek.) [1]

Na rycinie 5 widoczny jest wpływ zużycia młotków na skład ziarnowy produktu wyjściowego. W kruszarce młotkowej typu 41.98 średnio uzyskiwano 55% frakcji 0,1–1,5 mm i ok. 29% frakcji 0–0,1 mm. Proces rozdrabniania w kruszarce młotkowej jest efektywny, natomiast utrudnieniem jest to, że do kruszarki musi być podawany materiał wysuszony. W praktyce oznacza to konieczność zainstalowania dodatkowo suszarni obrotowej. Z kolei wiadomo, że suszenie przebiega szybciej w instalacji susząco-mielącej, gdzie suszeniu poddawany jest materiał rozdrobniony. Wpływ wielkości ziaren nadawy na prędkość procesu suszenia przedstawia rycina 6. Materiał drobny o granulacji < 1 mm charakteryzował się największą prędkością suszenia.



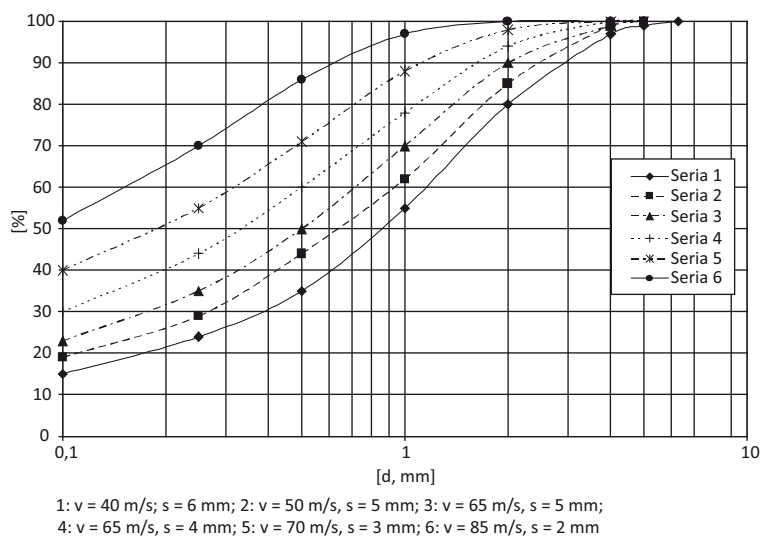
Źródło: Jak w ryc. 1.

Ryc. 6. Stopień wysuszenia kamienia wapiennego zależnie od jego granulacji i czasu suszenia

Bardziej nowoczesne rozwiązania młynów młotkowych proponuje firma Hazemag. Na rycinie 7 przedstawiono krzywe składu ziarnowego produktów uzyskane dla różnych parametrów pracy młyna młotkowego. Zmieniając wielkość szczeliny rusztu i prędkość liniową młotków można uzyskać duże zmiany w zakresie składu ziarnowego produktów. Najkorzystniejsze efekty rozdrabniania (największy wychód frakcji 0,1–1,5 mm) uzyskano dla szczeliny rusztu 5 mm i prędkości młotków 65 m/sek. Udział frakcji 0,1–1,5 mm w produkcie odbieranym z kruszarki wynosił ok. 59%. Korzystna jest także niska krotność obiegu materiału ($k = 0,11$).

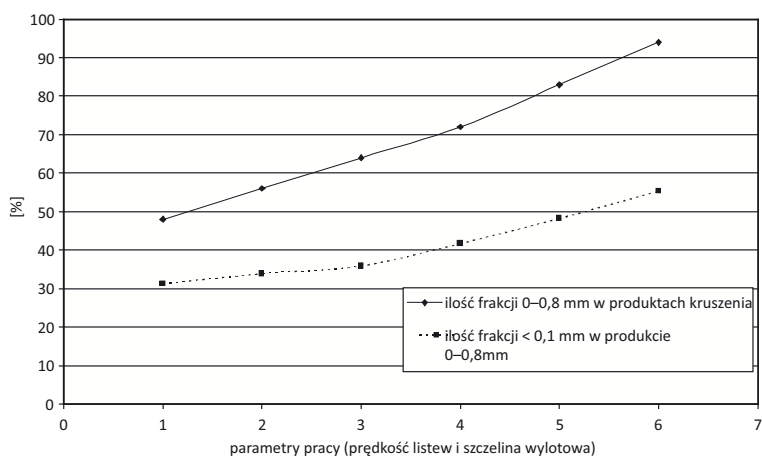
Za pomocą automatycznego systemu sterowania możliwe jest sterowanie wszelkimi stanami pracy maszyny, jak dostosowanie szerokości szczelin, prędkości obwodowej i kierunku obrotów wirnika do aktualnych wymagań, co gwarantuje utrzymanie jakości produktu na stałym poziomie. Dzięki postępowi w dziedzinie materiałowej można stosować wysokie prędkości liniowe elementów rozdrabniających, szczególnie do materiałów miękkich (60–70 m/sek.)

Na rycinie 8 przedstawiono jak zmienia się zawartość pyłów w produkcie i wielkość wychodu frakcji 0–0,8 mm, zależnie od parametrów pracy. Ograniczenie zawartości frakcji najdrobniejszej w produkcie można osiągnąć, stosując mniejsze prędkości młotków (v) i większą szczelinę wylotową rusztu (s). Skutkiem takiej zmiany parametrów pracy będzie oczywiście zmniejszenie wydajności. Poszczególnym punktom na osi poziomej rycinie 8 odpowiadają parametry pracy 1–6, jak podano w opisie do rycinie 7.



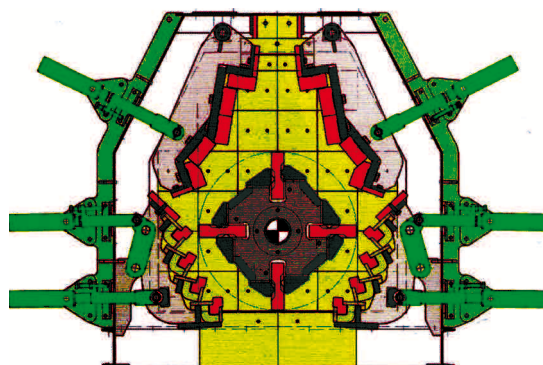
Ryc. 7. Skład ziarnowy wapienia (wychód) po kruszarce młotkowej Hazemag, dla różnych prędkości młotków v i wielkości szczeliny rusztu s [4]

Ciekawym rozwiązaniem są kruszarki udarowe rewersyjne (ryc. 9), w których możliwa jest zmiana kierunku obrotów wirnika z listwami udarowymi. Rozwiązanie to wydłuża znacznie czas pracy elementów udarowych kruszarki.



Ź r ó d ł o: Opracowanie własne na podstawie [4].

Ryc. 8. Przyrost ilości frakcji 0–0,8 mm i frakcji < 0,1 mm w produktach rozdrabniania w młynie młotkowym Hazemag



Ryc. 9. Przekrój kruszarki listwowej udarowej rewersyjnej firmy Hazemag [4]

W tabeli 1 przedstawiono porównanie efektów rozdrabniania w różnych urządzeniach. Dane pochodzą z urządzeń pracujących w instalacjach przemysłowych. Z zestawienia widać, że najkorzystniejsze wyniki rozdrabniania w celu otrzymania mączek gruboziarnistych uzyskano w młynie młotkowym z rusztem. Ważny jest nie tylko wysoki procent zawartości frakcji 0,1–1,5 w produktach rozdrabniania, ale również korzystna relacja zawartości mączki grubej w stosunku do pyłów i niska krotność obiegu materiału.

T a b e l a 1

Charakterystyka produktów z różnych urządzeń kruszących

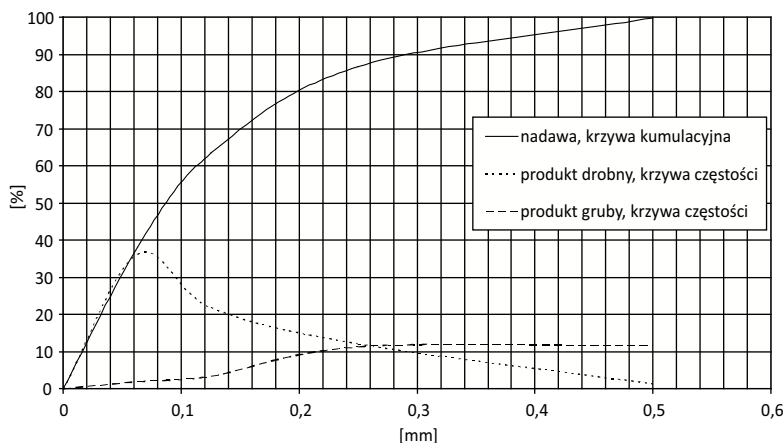
Rodzaj urządzenia	Zakres uziarnienia produktu [mm]	Zawartość frakcji 0,1–1,5 mm w produkcie [%]	Zawartość frakcji 0–0,1 mm w produkcie [%]	Stosunek ilości frakcji 0,1–1,5 do 0–0,1	Krotność obiegu
Młyn kulowy sitowy	0–3	50	30	1,7	–
Prasa walcowa	0–20	63	27	2,3	0,89
Młyn młotkowy (szczelina rusztu 5 mm)	0–5	59	23	2,6	0,11

Ź r ó d ł o: Opracowanie własne.

4. Przesiewanie i separacja mączek

Produkty uzyskiwane z urządzeń rozdrabniających poddawane są zwykle procesom przesiewania lub separacji. Przy granicy rozdziału $< 0,5$ mm stosuje się najczęściej separatory powietrzne. Na rycinie 10 przedstawiono wyniki prób separacji mączki dolomitowej. W separatorach tego typu uzyskuje się zwykle gorszy rozdział materiału niż w separatorach przepływowych, ale niekiedy jest on wystarczająco dokładny, a koszt separatorów cyrkulacyjnych jest o wiele niższy od separatorów przepływowych.

Ziarno podziałowe dla wyników separacji przedstawionych na rycinie 10 wynosi ok. 0,2 mm. Istnieje możliwość regulacji procesu separacji przy pomocy zmiany obrotów wirnika, obrotów wentylatora i kąta ustawienia łopatek kierunkowych.



Źródło: Jak w ryc. 1.

Ryc. 10. Wyznaczenie ziarna podziałowego dla produktów separatora cyrkulacyjnego

Przy wyższych wartościach granicy rozdziału (> 0,5–0,8 mm) korzystnie jest stosować przesiewacze do materiałów drobnouziarnionych. Próbę przesiewania wapienia uzyskanego z prasy walcowej przeprowadzono na przesiewaczu wielopokładowym z sitami drgającymi. Nadawę do przesiewania stanowiła mączka wapienna 0–10,0 mm. Wymagany był rozdział na frakcje: < 0,8 mm i 0,8–10,0 mm. Częstotliwość drgań pokładów sitowych wynosiła 960 1/min, a amplituda drgań 6,5 mm. Uzyskano produkty przesiewania: frakcję < 0,8 mm – wychód w ilości 51,5% i frakcję 0,8–10,0 mm – wychód w ilości 48,5%. Wyniki przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2

Skład ziarnowy produktów przesiewania

Przedział ziarnowy [mm]	Zawartość [%]	
	produkt dolny	produkt górny
2,00–10,00	0,0	25,6
1,60–2,00	0,0	12,1
1,25–1,60	0,0	18,4
1,00–1,25	0,0	15,4
0,80–1,00	0,3	15,9
0,63–0,80	7,9	5,6
0,50–0,63	11,3	2,5
0,00–0,50	80,5	4,6

Źródło: Opracowanie własne.

Zawartość nadziarna w produkcie dolnym wynosiła 0,3%, a zawartość podziarna w produkcie górnym 12,7%.

Sprawność przesiewania dla sita o oczkach D obliczyć można ze wzoru:

$$h = \frac{(a-b)(c-a)100}{(c-b)(100-a)a} 100$$

gdzie:

a – zawartość ziarn $< D$ w nadawie [%],

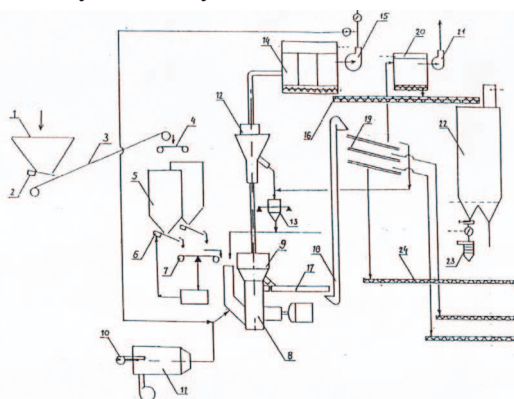
b – zawartość ziarn $< D$ w produkcie górnym [%],

c – zawartość ziarn $< D$ w produkcie dolnym [%].

Dla analizowanej próby przesiewania sprawność procesu dla sita 0,8 mm wynosiła 90,4%. Jest to wysoka sprawność, którą na ogół trudno jest osiągnąć w instalacjach przemysłowych.

5. Rozwiązania technologiczne produkcji mączek wapiennych

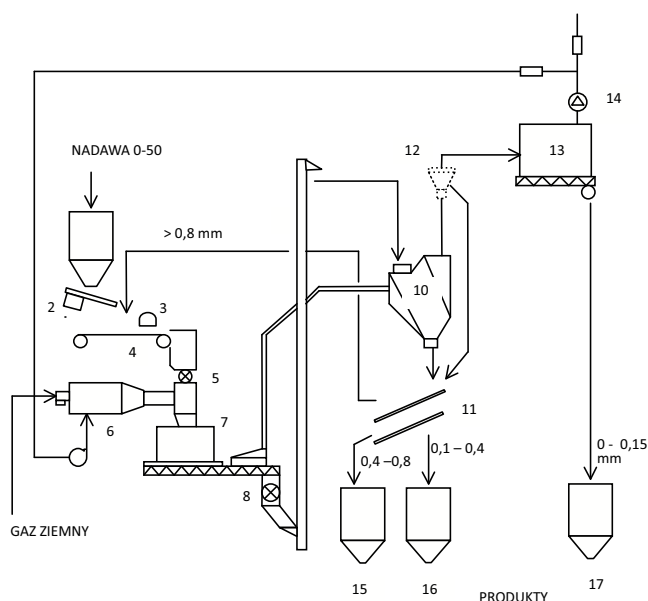
Na rycinie 11 przedstawiono schemat przemiałowni mączek z młynem młotkowym wentylatorowym. Natomiast na rycinie 12 przedstawiono schemat instalacji przemiałowej do produkcji mączek gruboziarnistych (0,1–0,4 mm i 0,4–0,8 mm) z młynem młotkowym suszącym.



Oznaczenia: 1 – lej załadowczy; 2 – podajnik wibracyjny; 3, 4 – przenośniki taśmowe; 5 – zbiorniki nadawy; 6 – podajnik; 7 – przenośnik taśmowy ważący; 8 – młyn młotkowy (wentylatorowy); 9 – separator statyczny; 10, 11 – generator gorących gazów; 12 – separator dynamiczny; 13 – waga przepływowa; 14 – filtr pulsacyjny; 15 – wentylator wyciągowy; 16, 17 – przenośniki ślimakowe; 18 – podnośnik kubelkowy; 19 – przesiewacz; 20 – filtr pulsacyjny; 21 – wentylator; 22 – zbiornik produktu; 23 – rękaw załadowczy; 24 – przenośnik ślimakowy.

Źródło: Jak w ryc. 1.

Ryc. 11. Instalacja przemiałowa z młynem wentylatorowym



Oznaczenia urządzeń: 1 – zbiornik nadawy; 2 – podajnik wibracyjny; 3 – detektor metalu; 4 – taśmowa waga dozująca; 5 – dozownik celkowy; 6 – generator gorących gazów; 7 – młyn młotkowy; 8 – urządzenie rozładowcze; 9 – podnośnik kubełkowy; 10 – statyczny separator kaskadowy; 11 – przesiewacz wibracyjny bezwładnościowy; 12 – separator dynamiczny; 13 – filtr pulsacyjny; 14 – wentylator promieniowy; 15, 16, 17 – zbiorniki produktów.

Źródło: Jak w wykr. 1.

Ryc. 12. Schemat technologiczny przemalowni wapienia z mlynem mlotkowym

Przedstawione rozwiązania technologiczne różnią się rodzajem młynów, umiejscowieniem separatora statycznego i sposobem transportu rozdrobnionego produktu wychodzącego z młyna.

6. Podsumowanie

Z porównania wyników przemalowań uzyskiwanych w przemalowniach wyposażonych w różne rodzaje młynów widać, że w celu uzyskania mączek wapiennych gruboziarnistych w przedziale ziarnowym 0,1–1,0 (2,0) mm, bardzo dobre wyniki uzyskać można w młynie młotkowym z rusztem. W trakcie procesu przeróbki wymagane jest suszenie wapienia w suszarni lub możliwe jest zastosowanie młyna młotkowego suszącego. Zbliżony skład ziarnowy mączek można uzyskać z prasy walcowej. Prasy charakteryzują się jednak większą krotnością obiegu materiału, gdy tymczasem dla młyna młotkowego krotność obiegu materiału jest stosunkowo niska. Wynika stąd, że prasa walcowa musi być odpowiednio więk-

sza, z większą mocą napędu. W efekcie energochłonność przemiału w młynie młotkowym będzie niższa niż w prasie walcowej.

Stopień rozdrobnienia i skład ziarnowy produktów można efektywnie regulować poprzez odpowiedni dobór szczeliny rusztu (s) i prędkości liniowej młotków (v). Do klasyfikacji mączek przy granicy podziału 0,5–0,8 mm można użyć przesiewacza wielopokładowego z sitami drgającymi. Do klasyfikacji mączek przy niższej granicy podziałowej stosować należy separatory powietrzne.

Literatura

- [1] N a z i e m i e c Z., G a w e n d a T., *Ocena efektów rozdrabniania surowców mineralnych w różnych urządzeniach kruszących*, „Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej” 2006, nr 115 „Konferencje” nr 46.
- [2] N a z i e m i e c Z., *Wpływ metody rozdrabniania na jakość kruszyw mineralnych*, „Prace Instytutu Mineralnych Materiałów Budowlanych” 2007, nr 41/42.
- [3] N a z i e m i e c Z., G a w e n d a T., *Badanie procesu kruszenia z zamkniętym obiegiem materiału*, „Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej” 2007, nr 119 „Konferencje” nr 48.
- [4] Prospekt firmy Hazemag.

ZDZISŁAW NAZIEMIEC

HAMMER MILLS IN PRODUCTION PROCESSES OF COARSE- -GRAINED MINERAL MEALS

Characteristic of disintegrating products obtained from different types devices used in mineral meals production processes is presented in the paper. Particular attention was paid to hammer crushers and hammer mills. Grain compositions of mineral meals received in different conditions of milling were placed. Some problems concerned with meals production processes i.e. drying, sieving and air separation were also discussed. Sample technological solutions in production processes of lime meals in hammer mills are quoted.