
PRACE

**Instytutu Ceramiki
i Materiałów Budowlanych**

Scientific Works
of Institute of Ceramics
and Building Materials

Nr 9

ISSN 1899-3230

Rok V

Warszawa–Opole 2012

Wybrane zagadnienia mielenia materiałów w pionowych młynach rolkowo-misowych

Słowa kluczowe: młyny rolkowo-misowy, mielenie, rozdrabnianie, młyny średniobieżne.

Pionowe młyny misowo-rolkowe oraz młyny rurowo-kulowe są urządzeniami technicznymi przeznaczonymi do mielenia, suszenia i separacji kruchych materiałów mineralnych o średniej i dużej twardości. Ponieważ konstrukcja młynów misowo-rolkowych charakteryzuje się wysoką niezawodnością i dużą dyspozycyjnością, młyny znalazły powszechne zastosowanie w energetyce światowej. W związku z tym w przemyśle cementowo-wapienniczym coraz więcej instaluje się młynów misowo-rolkowych. Eksploatacja już zainstalowanych potwierdziła bardzo dobre wyniki w procesach mielenia kamienia wapiennego oraz wapna palonego – uzyskuje się produkt miałki, drobny i suchy, co potwierdziły badania. W energetyce zastosowanie drobnego pyłu węglowego ma kluczowe znaczenie w obniżeniu emisji tlenków azotu i węgla. W artykule przedstawiono przegląd rozwiązań konstrukcyjnych młynów średniobieżnych, zaprezentowano model układu mielenia w skali półtechnicznej oraz badania wpływu strumienia dozowanego mieliwa, prędkości obrotowej miski i wysokości pierścienia spiętrzającego na wysokość warstwy tworzącej się w układzie mielącym podczas procesu mielenia.

1. Wstęp

W przemyśle cementowym i energetycznym procesy rozdrabniania uwarunkowane są w dużej mierze możliwością produkcji materiałów o określonych właściwościach, np.: bardzo drobne ziarno, określony rozkład ziarnowy, kształt ziarna, [12, 14]. Wymagania co do uzyskania odpowiedniej wielkości ziaren średnicy zastępczej decydują o wyborze sposobu rozdrobnienia. W urządzeniach do rozdrabniania najpierw zachodzi proces rozdrabniania, a później mielenia. Dlatego jednym z ważniejszych parametrów charakteryzujących urządzenia rozdrabniające jest stopień rozdrobnienia lub efekt mielenia [1, 5–6]. Młyny rolkowo-misowe należą do grupy urządzeń mielących. Ważnymi wielkościami brany-

* Dr inż., Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie, Oddział Inżynierii Procesowej Materiałów Budowlanych w Opolu.

mi pod uwagę w procesie mielenia materiałów są wydajność urządzenia mielącego w jednostce czasu, stopień zmielenia lub powierzchnia właściwa produktu [14–15]. Bardzo istotnym parametrem charakteryzującym urządzenia mielące jest zużycie energii. Zależy ono od rodzaju mieliwa (nadawy), stopnia zmielenia (rozdrobienia) oraz zastosowanych urządzeń pomocniczych, typu klasyfikatory, czy urządzeń transportowych [2–3]. Oprócz strat procesowych podczas eksploatacji urządzeń pojawiają się straty wynikające z erozji elementów mielących wskutek występowania między nimi sił trących. W urządzeniach mielących jest to zjawisko niepożądane, ponieważ generuje skutki uboczne, takie jak m.in. pogorszenie jakości uzyskiwanego produktu czy zwiększenie poboru mocy przez silnik układu mielącego [5, 7, 9]. Jakość przemiału zależy również od napływu mieliwa pod elementy mielące oraz czasu jego kontaktu z elementem mielącym. Napływ mieliwa zależy od wysokości warstwy mieliwa znajdującej się w układzie mielącym. Kształt i wysokość warstwy zależą z kolei od strumienia świeżego i zwracanego mieliwa, tzw. wtórnego, podawanego na misę, prędkości obrotowej miski, oporów przepływu mieliwa powstałych wskutek tarcia wewnętrznego materiału oraz tarcia o misę, konstrukcji miski (średnicy, pochyleń toru mielenia), liczby i kształtu rolek (średnicy i szerokości) czy wysokości pierścienia spiętrzającego [4, 6, 13]. W przemyśle energetycznym wyniki badań kotłów na pył węglowy potwierdziły, że wzrost emisji NO_x i CO jest m.in. rezultatem pogrubienia przemiału [3, 6]. Dlatego powstało wiele konstrukcji urządzeń mielących materiały o bardzo zróżnicowanym zakresie stosowności. Wybór odpowiedniego urządzenia mielącego zależy głównie od właściwości mielonego materiału (zwanego mieliwem, nadawą lub surowcem), wymagań odnośnie produktu końcowego, wydajności oraz energochłonności procesu mielenia [1, 11–12]. W przemyśle cementowym i energetycznym znalazły szerokie zastosowanie urządzenia młynowe przeznaczone do drobnego mielenia materiałów średnio twardych i twardych. Powszechnie stosowane są młyny rolkowo-misowe (nazwane również rolkowo-pierścieniowymi lub rolowo-misowymi) i kulowo-pierścieniowe [4–5, 11, 14].

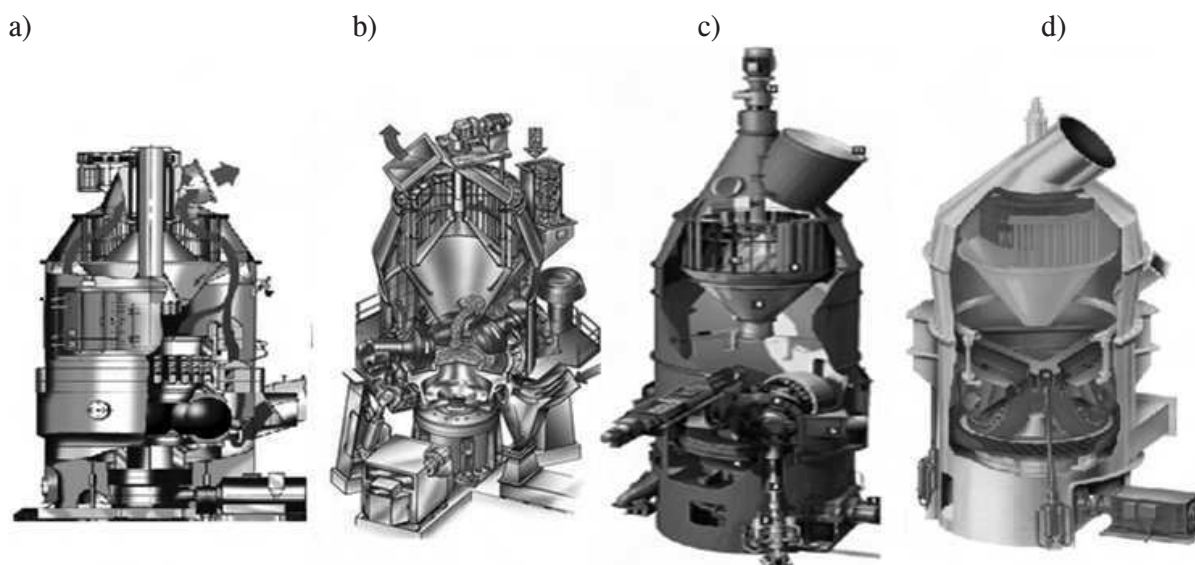
2. Przegląd rozwiązań konstrukcyjnych i wskaźniki eksploatacyjne młynów średniobieżnych

Wspólnymi cechami tej grupy młynów są: wyniesienie produktu z młyna strumieniem gazów procesowych, sprzężenie układu mielącego z separatorem, ustawienie elementów mielących na bieżni pierścienia mielącego, wykorzystanie siły odśrodkowej do przemieszczania się mieliwa po misie. Elementy rozdrabniające w młynach mielą pod wpływem nacisku własnego, docisku sprężynowego lub docisku hydraulicznego [8, 11]. Młyny te stosowane są do mielenia mieliw zarówno miękkich, jak również bardzo twardych – od 2 do 9 według skali Mohsa.

W efekcie doświadczeń eksploatacyjnych prowadzonych na podstawie układu mielącego Loesche powstały grupy układów różniących się pewnymi rozwiązaniami konstrukcyjnymi [1, 9]. Na bazie tych układów opracowano kilka różnych konstrukcji młynów. Najczęściej stosowane w przemyśle zostały przedstawione na rycinie 1.

Można wyróżnić młyny [14]:

- a) kulowo-pierścieniowe firmy Petersa,
- b) rolkowo-misowe firm: Loesche, Pfeiffer, F.L. Smidth, Krup-Polysius.



Ryc. 1. Schematy produkowanych młynów średniobieżnych: a) młyn kulowo-pierścieniowy Petersa; młyny rolkowo-misowe firm: b) Loesche typ LM, c) F. L. Smidth typ ATOX, d) Pfeiffer typu MPS [14]

Konstrukcję młyna rolkowo-misowego typu MPS (firmy Pfeiffer) i jego walory eksploatacyjne docenione zostały w światowym przemyśle cementowym i przesądziły o zaliczeniu go do grupy najbardziej rozpowszechnionych do przemiału kamienia wapiennego. Młyny te produkowane są jako jednostki duże, o średnicy rolek dochodzącej nawet do 3 m [1, 9, 13–14].

W doborze młynów rolkowo-misowych bierze się pod uwagę wiele czynników decydujących o produkcie końcowym. Do ważniejszych można zaliczyć np.: prędkość obrotową misy, wydajność, siłę docisku, wielkość i liczbę rolek, stopień rozdrobnienia i zawartość wilgoci w produkcie i mieliwie, zużycie energii, czas eksploatacji oraz dyspozycyjność urządzenia.

W tabeli 1 podano wskaźniki eksploatacyjne osiągnięte przez kilka pracujących młynów rolkowo-misowych firmy Pfeiffer typu MPS do przemiału wapna palonego i kamienia wapiennego. Wytwarzane w tych młynach produkty charakteryzują się uziarnieniem nieprzekraczającym 20 μm w przypadku drobnego przemiału i 90 μm dla wypełniaczy i wapna białego. Ze względu na krótki

czas przebywania zmielonego mieliwa w młynie istnieje możliwość szybkiego przestawiania produkcji. Firma Pfeiffer podaje, że czas przebywania cząstek zmielonego kamienia wapiennego w młynie rolkowo-misowym typu MPS nie przekracza 3 min [1].

Tabela 1

Wskaźniki eksploatacyjne młynów rolkowo-misowych firmy Pfeiffer[1]

Kraj i rok dostawy	Węgry	Niemcy	Polska	Czechy	Taiwan
	2000	1995	1999	1999	2001
Materiał	Kamień wapienny				
Pozostałość na sicie [%]	7	11	17	14	8
Uziarnienie [μm]	> 90	> 63	> 45	> 32	> 63
Wydajność [Mg/h]	47	70	45	20	24
Zużycie energii przez silnik młyna [kWh/t]	14	7	12	10	6
Zużycie energii przez silnik separatora i wentylatora [kWh/t]	28	13	24	23	15

Firma Loesche jako pierwsza wprowadziła do produkcji młyny wyposażone w zespoły mielące z różną liczbą rolek mielących. Zastosowała dwie rolki o większej średnicy, tzw. mielące, i dwie rolki o mniejszej średnicy formujące warstwę mielonego mieliwa przed rolką. Taka konstrukcja polepszyła zakleszczanie warstw mieliw pod rolką mielącą.

Wymagane dzisiaj przez przemysł wapienniczy wydajności dochodzą do 100 Mg/h i są znacznie mniejsze niż w przemyśle cementowym, w którym przekraczają w wielu zakładach 400 Mg/h przemielonych surowców [1, 13]. Inne wydajności pyłowe uzyskuje się w przemyśle energetycznym – w polskim wydajności młynów rolkowo-misowych nie przekraczają 50–60 Mg/h. Podkreśla się, że zwiększenie wydajności młynów powoduje pogorszenie przemiału i wzrost emisji tlenków azotu, co wynika ze zwiększenia wysokości warstwy węgla kamiennego napływającego pod rolki, a ma bezpośredni wpływ na pogorszenie przemiału. Następnym zagadnieniem eksploatacyjnym jest zużycie się bandaży rolek mielących oraz misy wskutek tarcia pomiędzy elementami mielącymi a mieliwem, co powoduje obniżenie wydajności urządzenia i prawidłowego prowadzenia procesu technologicznego. Na rycinie 2 pokazane są zużyte rolki i misa mieląca. Dlatego elementy mielące narażone najbardziej na ścieranie są powlekane specjalnymi stopami trudnościeralnymi oraz wykonywane ze stopów niklu i korundu w celu wydłużenia czasu pracy młyna [5, 10, 13–14].



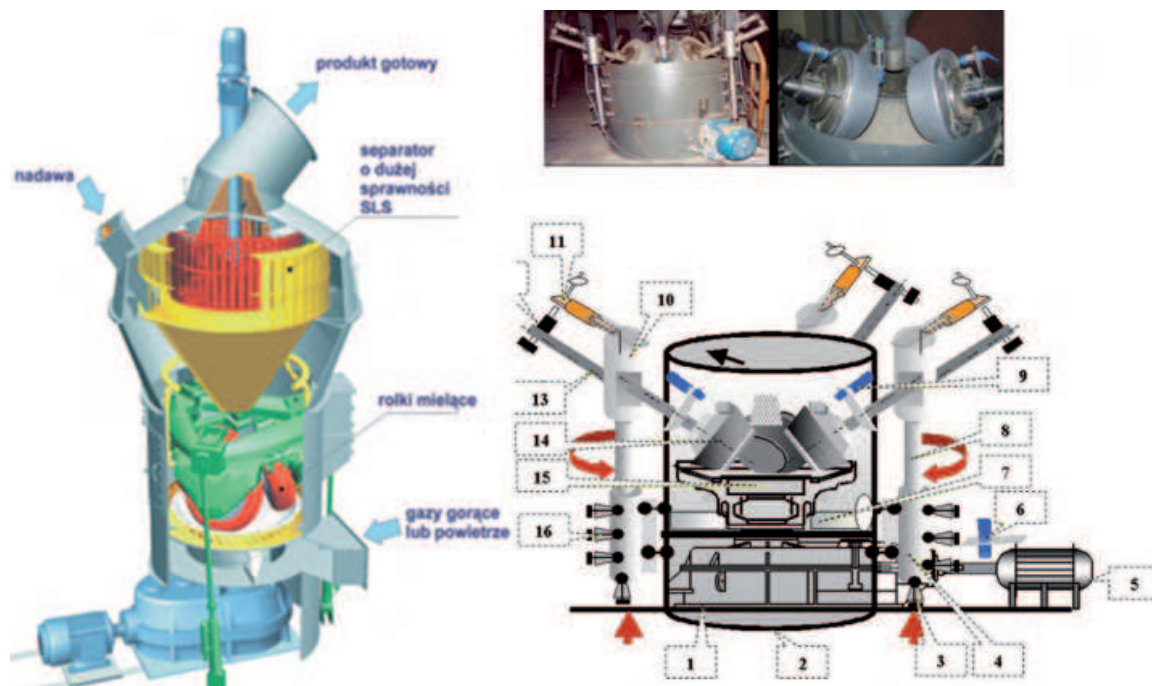
Ryc. 2. Zużyte elementy mielące: a) rolka, b) misa [14]

Podkreśla się, że większą wydajność młynów, lepszy stopień zmielenia można osiągnąć przez właściwe ukształtowanie warstwy napływającej pod elementy mielące. Ruch mielniwa zależy w głównej mierze od wymiarów geometrycznych i prędkości kątowej misy, średnicy i długości elementów mielących, rodzaju i właściwości mielniwa [12–14].

Producenci omawianych młynów zwracają uwagę na występowanie różnic w eksploatacji młynów podczas mielenia mielniwa w poszczególnych zakładach przemysłowych. Wynika to z różnych właściwości eksploatowanych kruszyw, charakterystycznych dla konkretnego złoża. Dlatego urządzenia do określonej linii technologicznej dobiera się najczęściej podczas badań na młynach rolkowo-misowych w skali półtechnicznej, w warunkach zbliżonych do eksploatacyjnych [1, 14].

3. Modelowy układ mielący młyna rolkowo-misowego

Rozwój urządzeń młynowych wynika z doświadczeń eksploatacyjnych i równolegle jest efektem prac badawczych. Ze względu na skomplikowany charakter zachodzących procesów w młynach zarówno badania, jak i modelowanie matematyczne tych urządzeń obejmują wydzielone procesy [5, 8, 14]. Do badań wydzielonych procesów stosuje się modele młynów w skali laboratoryjnej lub półtechnicznej. Na rycinie 3 przedstawiono stanowisko układu mielącego młyna rolkowo-misowego w skali półtechnicznej. Poznanie mechanizmów procesu mielenia w układzie mielącym pozwala modernizować konstrukcje młynów. Interpretacja wyników badań wymaga zachowania podobieństwa między urządzeniami modelowym i przemysłowym. Dlatego budowa laboratoryjnych urządzeń w skali musi być poprzedzona przeprowadzeniem analizy wymiarowej. Podkreśla się, że brak ogólnej teorii modelowania wszystkich procesów zachodzących w młynach średniobieżnych uniemożliwia pełne modelowanie jego pracy [8–9, 12, 14]. W młynach jako najważniejsze kryteria oceny układów mielących przyjmuje się wydajność i jednostkowe zużycie energii oraz jakość uzyskiwanego produktu [14].



Ryc. 3. Schemat młyna firmy Pfeiffer i układu mielącego młyna rolkowo-misowego w skali półtechnicznej: 1 – przekładnia kąтова, 2 – obudowa, 3 – śruba regulacji pionowej, 4 – tuleja, 5 – silnik napędowy, 6 – czujnik obrotów, 7 – zgarniaki, 8 – wspornik rolki, 9 – czujnik obrotów rolki, 10 – element walcowy, 11 – czujnik tensometryczny, 12 – sprzęgło śrubowe, 13 – osie rolek, 14 – rolka, 15 – misa, 16 – śruby regulacji poziomej [14]

Wyniki badań na obiektach rzeczywistych wskazują, że wzrost wydajności układów mielących można uzyskać przez wydłużenie czasu oddziaływania siły docisku na rozdrabnianie mieliwo. W związku z tym prowadzone są badania wpływu większej prędkości kątowej misy i liczby elementów mielących na wydajność układów mielących. Zauważono, że wzrost prędkości kątowej misy powoduje zmiany innych parametrów eksploatacyjnych, np. wysokości warstwy mieliwa na misie układu mielącego, siły docisku oraz wydajności pyłowej młyna [5, 7].

Cechy konstrukcyjne młyna rolkowo-misowego wynikają głównie z rodzaju rozdrabnianego mieliwa, jego właściwości, założonej wydajności oraz wielkości otrzymanego produktu końcowego [1, 9]. Wydajność i jakość produktu opuszczającego układ mielący ma decydujące znaczenie, ponieważ zmniejsza czas przebywania cząstek pyłu w komorze młyna i obniża zużycie energii.

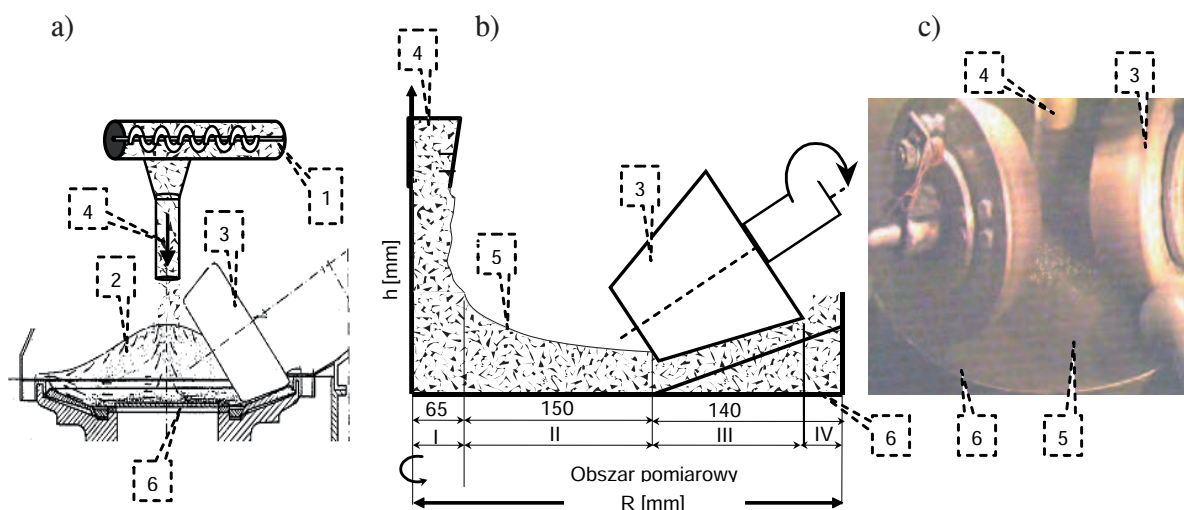
Zaprezentowane stanowisko stwarza możliwość przeprowadzenia szeregu analiz wpływu cech konstrukcyjnych i eksploatacyjnych na kształt tworzącej się bryły mieliwa na misie młyna, wydajność oraz zużycie energii.

Umożliwia również wyznaczanie efektu mielenia po przejściu mieliwa pod rolkami. Pobór próbek mieliwa umożliwia zbudowany układ do zasysania mieliwa, zamontowany za i przed rolkami. Modelowy układ można modernizować i badać efekty mielenia dla różnych konfiguracji i mieliw.

4. Wysokość warstwy mielniwa na misie układu mielącego młyna rolkowo-misowego

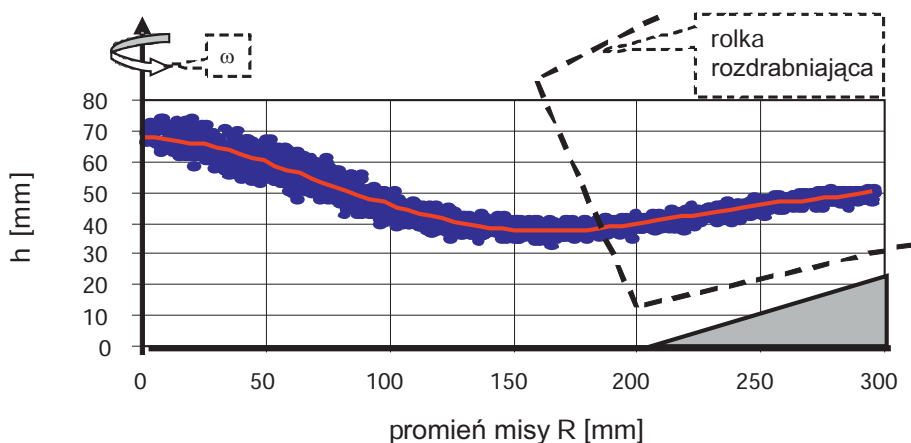
Procesy mielenia odbywające się w układzie mielącym są skomplikowane. Konstrukcja układu mielącego, duże ilości mielonego mielniwa powodują, że kompleksowe badania wybranych parametrów pracy młyna są bardzo trudne i kosztowne. Ważną wielkością wpływającą na pracę układu mielącego jest ruch mielniwa w obrębie układu mielącego. Szybkość przemieszczania się mielniwa w kierunku promieniowym wpływa na wysokość warstwy mielniwa na misie i pod elementami mielącymi. W badaniach eksperymentalnych badano kształt bryły mielniwa uformowanej z piasku kwarcowego i węgla kamiennego. Schematycznie formującą się warstwę mielniwa przedstawiono na rycinie 4a.

Strumień mielniwa podawany był rurą zsygową na środek wirującej misy układu mielącego. Pod wpływem siły odśrodkowej mielniwo przemieszczało się wzdłuż promienia misy. Na szerokości toru mielenia (pierścienia mielącego) zostawało ono miażdżone pod rolkami. Mielniwo, w zależności od prędkości obrotowej misy, było kilkakrotnie rozdrabnianie pod rolką. W pierwszej części toru mielenia rozdrabnianie następowało wskutek działania sił zgniatających (kruszenie), w drugiej części dominowały siły ścierające (mielące). Taki rozkład sił wynikał z różnicy prędkości obwodowych misy i rolek mielących. Na misie w poszczególnych obszarach trwała wymiana masy, związana z ruchem mielniwa w obrębie misy, jak również wskutek mielenia. Na rycinie 4b przedstawiono obszary pomiarowe wysokości warstwy piasku kwarcowego i węgla kamiennego w układzie mielącym młyna rolkowo-misowego. Na rycinie 4c pokazano również pracujący układ mielący podczas mielenia węgla kamiennego.



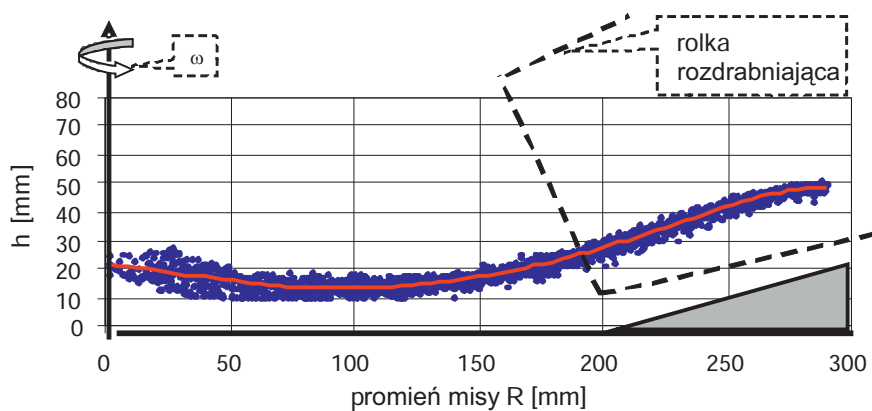
Ryc. 4: a) analizowany układ mielący , b) strefy pomiarowe, c) pracujący układ mielący: 1 – podajnik, 2 – warstwa mielniwa, 3 – rolka mieląca, 4 – rura zsygową, 5 – wysokość warstwy mielniwa na misie, 6 – tor mielenia

Uformowana bryła mieliw z piasku kwarcowego i węgla kamiennego na promieniu misy w obszarach I–IV miała różne wysokości warstwy. W stanie ustalonym podczas pracy układu mielącego na misie tworzyła się stabilna bryła o stałej wysokości. Jej kształt zależał od strumienia podawanego na misę, krotności cyrkulacji, oporów przepływu związanych ze współczynnikiem tarcia wewnętrznego o misę, kształtu, średnicy i szerokości rolek, średnicy misy oraz wysokości pierścienia spiętrzającego. Wysokości brył piasku kwarcowego i węgla kamiennego w układzie mielącym mierzone były przy różnych prędkościach obrotowych misy, stałej wydajności oraz dla misy płaskiej bez rolek mielących z pierścieniem spiętrzającym o wysokości $h = 50$ mm. Na rycinach 5, 6, 7 przedstawiono wstępne wyniki badań wysokości bryły piasku kwarcowego uformowanej w układzie mielącym w skali półtechnicznej. Badania przeprowadzono przy stałej wydajności układu mielącego wynoszącej $B_m = 1,35$ kg/s. Wysokości



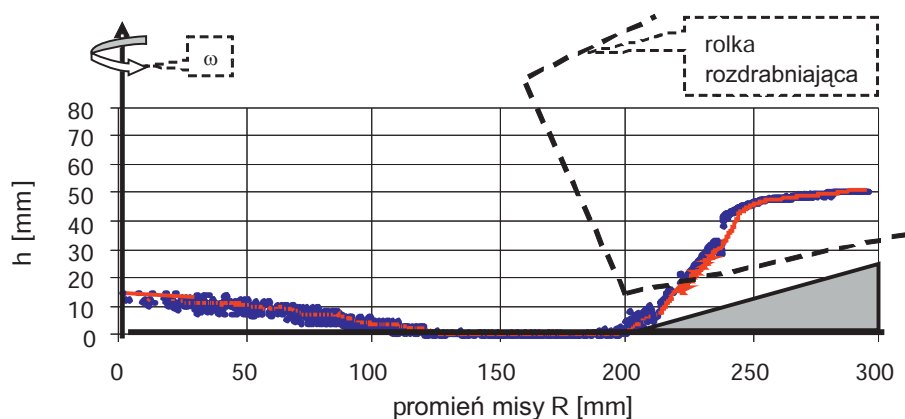
Ź r ó d ł o: Opracowanie własne.

Ryc. 5. Wysokość warstwy piasku kwarcowego na misie:
strumień $B_m = 1,35$ kg/s, pierścień spiętrzający
 $h = 50$ mm, prędkość obrotowa misy $\omega = 30$ obr./min



Ź r ó d ł o: Opracowanie własne.

Ryc. 6. Wysokość warstwy piasku kwarcowego na misie:
strumień $B_m = 1,35$ kg/s, pierścień spiętrzający
 $h = 50$ mm, prędkość obrotowa misy $\omega = 35$ obr./min



Ź r ó ł o: Opracowanie własne.

Ryc. 7. Wysokość warstwy piasku kwarcowego na misie:
strumień $B_m = 1,35 \text{ kg/s}$, pierścień spiętrzający
 $h = 50 \text{ mm}$, prędkość obrotowa misy $\omega = 40 \text{ obr./min}$

warstwy piasku kwarcowego zmierzono zbudowanym do tego celu skanerem odległości, a wyniki opracowano metodą najmniejszych kwadratów.

Na podstawie zmierzonych wysokości warstw piasku kwarcowego stwierdzono, że w przedziale niskich prędkości obrotowych misy, tj. 30–35 obr./min następuje wyraźnie spiętrzenie warstwy piasku kwarcowego w części płaskiej misy oraz przed rolkami. Wzrost prędkości powyżej 35 obr./min powoduje obniżenie wysokości warstwy piasku kwarcowego. Wysoki pierścień spiętrzający wpływa na wysokość warstwy piasku kwarcowego w całym zakresie promienia misy układu mielącego. Wyraźny wzrost wysokości warstwy piasku następuje na końcu toru mielenia w strefie IV powyżej promienia misy $R > 340 \text{ mm}$ przy prędkości obrotowej 40 obr./min.

Wzrost warstwy uformowanej bryły mieliwa powoduje w młynach rolkowo-misowych większe upakowanie jej pod rolką, powstanie dużych sił trących pomiędzy powierzchniami rolek i misy wynikających z różnic prędkości misy i rolek. Różnica ta powoduje znaczny poślizg bryły mieliwa na misie, zwiększając siły trące na obwodzie misy mielącej. Wpływa to znacząco na erozję materiału (ubytku materiału) misy i rolek. Zjawisko to jest niekorzystne, ponieważ wraz z upływem czasu pracy spada sprawność i wydajność trwała układu mielącego w młynie. Powoduje to większe zużycie energii, jak również niekorzystne wibracje młyna wskutek powolnego zasypywania się młyna mieliwem.

Obserwując uzyskane wyniki, można stwierdzić, że istnieje pewna prędkość obrotowa misy, optymalna dla jej konstrukcji i wysokości pierścienia spiętrzającego, zapewniająca równomierny rozptył mieliwa pod rolki. Równomierny rozkład i wysokość mieliwa pod rolką zapewnia optymalny przemiał, mniejsze zużycie energii i równomierne zużycie elementów mielących

6. Wnioski

Bliższe poznanie procesów zachodzących w młynie rolkowo-misowym ma istotne znaczenie nie tylko dla jego właściwej eksploatacji, ale również pozwala przewidywać jego zachowanie w odmiennych od projektowanych warunkach eksploatacyjnych. Takie warunki zdarzają się bardzo często. Przykładem może być zmielona mieszanina węgla kamiennego i biomasy drzewnej o własnościach wyraźnie odbiegających od projektowanych dla danego młyna. Pogorszenie produktu mielenia tej mieszaniny wpływa bezpośrednio na proces niskoemisyjnego spalania.

W artykule zamieszczono wybrane wyniki badań eksploatacyjnych młyna rolkowo-misowego. Oprócz wysokości warstwy piasku kwarcowego i węgla kamiennego badano również efekt mielenia w celu znalezienia odpowiednich nastaw dla tego typu młynów.

Zauważono, że zmiana prędkości obrotowej misy wiąże się z zatrzymaniem lub uwolnieniem znacznych ilości mieliwa. Prędkość obrotowa może być zatem parametrem eksploatacyjnym wykorzystanym w układach regulacji pracy młyna, stąd w badaniach określono minimalną masę mieliwa akumulowaną na misie układu mielącego. Szybkie uwolnienie zakumulowanego węgla kamiennego wpływa na szybki wzrost mocy układu paleniskowego, poprawiając jego własności dynamiczne. Stwierdzono, że dla danego obciążenia młyna i szerokości szczeliny pod rolką istnieje zakres prędkości obrotowych, w których wysokość uformowanej warstwy mieliwa układa się w obrębie toru mielenia równolegle do powierzchni misy. Na całej długości toru mielenia tworzy się optymalna wysokość warstwy mieliwa pozwalająca na optymalne zakleszczenie jej pod rolką i efektywne zmielenie.

Przy danej wydajności młyna istnieje optymalna prędkość obrotowa misy, dla której efekt mielenia jest maksymalny. W młynach rolkowo-misowych prędkość ta zależy od właściwości mechanicznych i reologicznych mielonego mieliwa (nadawy).

Młyny te z uwagi na niskie zużycie energii oraz zamknięcie w jednym urządzeniu procesu technologicznego są coraz powszechniej stosowane w przemyśle cementowym i energetycznym.

Literatura

[1] R e i c h a r d t Y., *Grinding of limestone and quicklime on MPS vertical roller mills*, Kaiserslautern, „Cement–Wapno–Beton” 2005, nr 3.

[2] J u n g a J., P o s p o l i t a J., *Badanie efektu rozdrabniania na stanowisku modelowym młyna rolkowo-misowego*, „Archiwum Energetyki” 2008, nr 2, s. 121–131.

- [3] Junga R., Mateuszuk S., Pospolita J., *Eksperymentalne badania kształtu bryły mieliwa i jego ruchu na misie młyna rolkowo-misowego*, „Archiwum Energetyki” 2011, nr 1, s. 25–37.
- [4] Korzuch S., *Zbiornicze charakterystyki młynów pierścieniowo-kulowych i misowo-rolkowych*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej” 1986, z. 94, s. 143–151.
- [5] Korzuch S., Kurpanik J., Małek J., Pospolita J., *Wpływ zmiany liczby obrotów misy młyna węglowego na jego parametry eksploatacyjne*, [w:] *Aktualne problemy budowy i eksploatacji kotłowni. Materiały IX Konferencji Kotłownej*, Szczyrk 2002, t. 2, s. 123–133.
- [6] Korzuch S., Pospolita J., Parys R., Chwastek C., *Wysokość warstwy zgniatanego mieliwa w układzie mielącym młyna węglowego jako parametr określający efekt rozdrabniania i stan techniczny młyna*, [w:] *Materiały III Konferencji Energetycznej*, Poznań–Kiekrz 1997, s. 85–92.
- [7] Leroch R., *Pomiary młyna misowo-rolkowego RP-1043x przy różnych prędkościach obrotowych misy. Budowa i eksploatacja młynów do przemiału* [materiały niepublikowane].
- [8] Junga R., Mateuszuk S., Pospolita J., *Ruch mieliwa na misie młyna rolkowo-misowego*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Opolskiej” 2001, z. 71, s. 123–134.
- [9] Junga R., *Model matematyczny procesu mielenia w młynie węglowym rolkowo-misowym*, Politechnika Opolska, Opole 2004.
- [10] Brundiek H., *The Loesche mill for comminution of cement clinker and interground additives in practical operation*, „Cement–Wapno–Beton” 1998, nr 2, 42–47.
- [11] Korzuch S., *Młyny węglowe w instalacjach rozpałkowych. Budowa i eksploatacja młynów do przemiału węgla*, [w:] *Materiały II Konferencji Naukowo-Technicznej*, Rydzyna 1988, s. 141–147.
- [12] Mateuszuk S., Pospolita J., *Pretesting grind material movement on the table of a ring-roller mill. International, Conference ENERGETYKA 2002*.
- [13] Ito M., Sato K., Naoi Y., *Productivity increase of the vertical roller mill for the cement grinding*, „Zement–Kalk–Gips” 1997, Nr. 11, s. 614–623.
- [14] Mateuszuk S., *Ruch mieliwa na misie młyna rolkowo-misowego*, Politechnika Opolska, Opolska 2005.
- [15] Pospolita J., *Wybrane zagadnienia eksploatacyjne średniobieżnych młynów węglowych*, Oddział PAN w Katowicach, Katowice 2007.

STANISŁAW MATEUSZUK

SELECTED ISSUES OF MATERIALS MILLING IN VERTICAL ROLLER-MILLS

Keywords: roller-mills, milling, grinding, vertical mills

Vertical roller mills and tube-ball mills are technical equipment intended for grinding, drying and separation of fragile mineral materials, medium and high hardness. Due to the fact, that the roller mills in its design are highly reliable devices with high availability, they have found widespread applications in the world energy sector. However, more and more of these mills are

installed in the cement and lime industry. Operation of already installed roller mills confirmed the very good results obtained in the process of grinding of limestone and quicklime. Studies have confirmed that the obtained product is respectively fine and dry with a grain size ranging from 1mm. The energy gain of fine coal dust is crucial for reducing emissions of nitrogen oxides and carbon oxides. The article presents an overview of design and operational solutions refers to the construction of medium speed roller mills. The paper presents a pilot model of the grinding unit and studies on influence of feed stream, bowl speed and height of the weir ring on height of layers forming in the system during the grinding process.