

JAN SIDOR

Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

Opracowanie konstrukcji młyna wibracyjnego do bardzo drobnego mielenia na mokro tlenku chromu

Wprowadzenie

Tlenek chromu wytwarzany w *Zakładach Chemicznych Alwernia*, wymagał zmielenia do p.n.s. 0,063 mm poniżej 0,05%. Mieleno go w czterech młynach grawitacyjnych o działaniu okresowym w czasie 4 godzin. Pojemność komór młynów wynosiła 10,4 m³, a moc 44 kW. Młyny miały uciążliwą ręczną obsługę, poziom ciśnienia akustycznego 95÷100 dBA, emisję pyłu oraz problemy technologiczne z uziarnieniem zmielonego tlenku chromu.

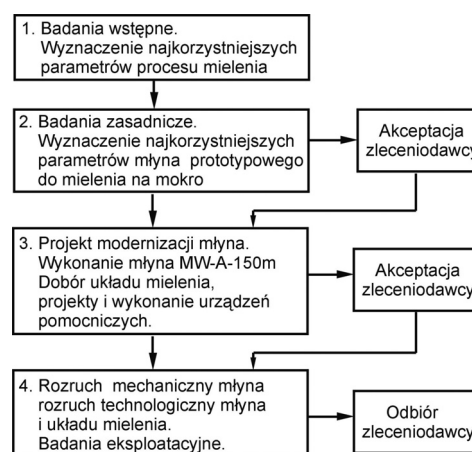
Skąpe informacje literaturowe [1, 2] wskazywały, że tlenek chromu można mleć efektywniej w klasycznych młynach wibracyjnych. Młyny te cechuje wysoka szkodliwość oddziaływania na otoczenie (poziom ciśnienia akustycznego 95÷110 dBA), powodowana wysoką częstotliwością drgań zespołu roboczego młyna (17÷24 Hz). W 2000 roku młyny grawitacyjne zastąpiono jednym młynem wibracyjnym oznaczonym symbolem MW-A-150 o niskiej częstotliwości drgań i znacznie niższej szkodliwości na otoczenie. Proces mielenia tlenku chromu zachodził w nim w sposób ciągły, na sucho, w cyklu otwartym [3, 4]. Syntezę konstrukcji młyna opracowano na podstawie badań laboratoryjnych [5]. Młyn ten miał wibrator kinematyczny i częstotliwość drgań 12 Hz. Podwyższenie jakości tlenku chromu wymagało zmiany sposobu mielenia tlenku chromu z suchego na mokry. Stąd projekt młyna MW-A-150, zgodnie z sugestią *ZCh Alwernia* uwzględnił dostosowanie go do mielenia na mokro. Zapewniono to przez zmianę konstrukcji wibratora, pokryw wylotowych i wykładziny. Możliwość uzyskania wyższej częstotliwości drgań (16 Hz), niezbędnej do mielenia na mokro, zapewniono przez zmianę wibratora na wibrator bezwładnościowy. Po roku pracy młyna MW-A-150 zmodernizowano go i oznaczono symbolem MW-A-150m.

Kryteria, dane wyjściowe, procedura syntezy konstrukcji młyna

ZCh Alwernia zamawiające młyn podały następujące wymagania dotyczące młyna:

- wydajność młyna 200±20 kg/godz, uziarnienie produktu mielenia poniżej 0,05%: p.n.s. 0,063 mm, uziarnienie nadawy poniżej 10% p.n.s. 0,5 mm, ilość zanieczyszczeń żelaza i jego związków w zmielonym materiale poniżej 0,015%,
- zasilanie mechaniczne, brak emisji pyłu, poziom ciśnienia akustycznego poniżej 85 dBA,
- jednostkowe zużycie energii poniżej obecnego (około 200 kWh/Mg).

Uproszczoną procedurę syntezy konstrukcji podano na rys. 1.



Rys. 1. Uproszczona procedura opracowania konstrukcji prototypowego młyna MW-A-150m

W 2005 roku opracowano kompleksowe metody projektowania młynów wibracyjnych o niskiej częstotliwości drgań [3], oparte na modelach matematycznych procesowych tych młynów, które zweryfikowano pozytywnie.

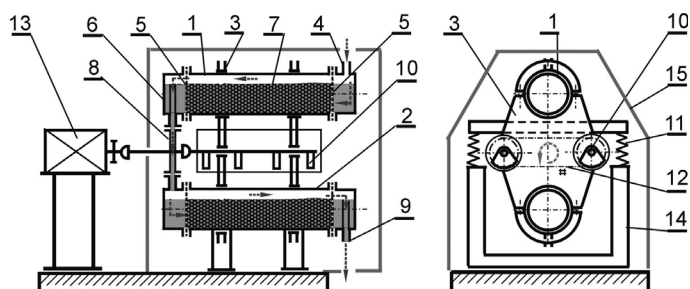
Wyznaczenie parametrów młyna do mielenia na mokro

Najkorzystniejsze parametry młyna wyznaczono na podstawie wyników badań laboratoryjnych przeprowadzonych w młynie modelowym [3–5]. W czasie 15 minut mielenia otrzymano zmielony tlenek chromu o uziarnieniu: klasa +0,063 mm – 0,023%, klasa 0,063÷0,045 mm – 0,028%. Najkorzystniejsze uziarnienie tlenku chromu mielonego na sucho to: klasa +0,063 mm – 0,040%, klasa 0,063÷0,045 mm – 0,030 %. Wynik ten oznaczał, że pojemności komór modernizowanego młyna MW-A-150 mogą pozostać bez zasadniczych zmian. Wykładzina z tworzywa sztucznego, której przy mieleniu na sucho nie było, spowodowała zmniejszenie pojemności komór o 9%. Stąd przyjęto najkorzystniejsze parametry młyna i procesu mielenia:

- wymiary wewnętrzne komory z wykładziną $\Phi 278 \times 1120$ mm,
- częstotliwość drgań 14÷16 Hz; amplituda drgań 5÷8 mm; liczba *Froude'a* 4,4÷8,2.

Opis budowy młyna i układu mielącego

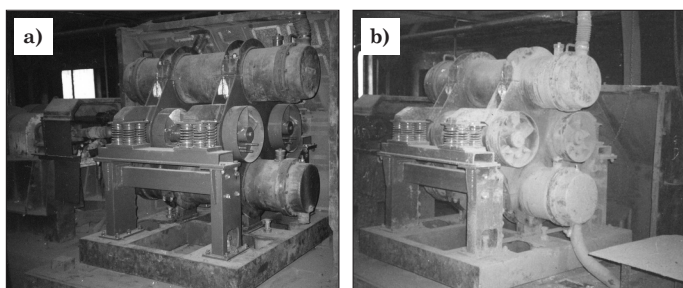
Schemat budowy prototypowego młyna wibracyjnego MW-A-150m przedstawiono na rys. 2, widok młyna na rys. 3 a i b, a schemat układu mielenia na rys. 4.



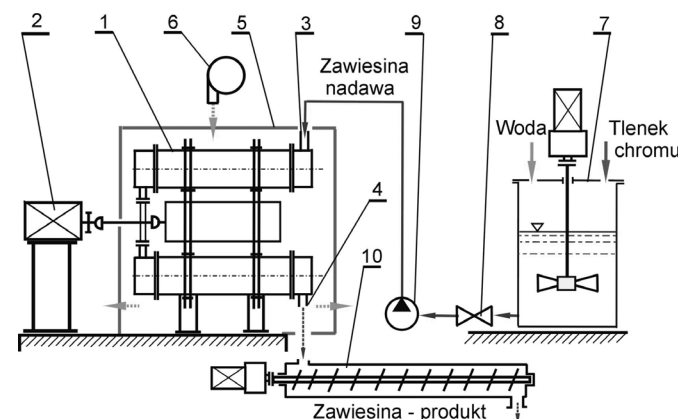
Rys. 2. Schemat budowy prototypowego młyna wibracyjnego MW-A-150m: 1 – komora górna, 2 – komora dolna, 3 – konstrukcja wsporcza, 4 – wlot zawiesziny, 5 – przegroda sitowa, 6 – pokrywa z wylotem, 7 – ładunek, 8 – rura łącząca komory, 9 – króciec wylotu, 10 – wibrator, 11 – podparcie sprężyste, 12 – przekładnia, 13 – silnik wibratora, 14 – rama, 15 – obudowa

Młyn może pracować z szeregową (Rys. 2) lub równoległą pracą komór, z amplitudą drgań kołową (przy napędzie z obu silników i założonym na przekładni synchronizacyjnej łańcuchu) lub z amplitudą drgań eliptyczną (przy napędzie z jednego silnika i zdjętym łańcuchu). Podstawowe parametry młyna:

- masa zespołu drgającego bez mielników i zawiesziny 1072 kg,
- masa młyna bez mielników 3895 kg;
- napęd młyna: dwa silniki o mocy 15 kW każdy,
- wymiary (w obudowie): długość 3420 mm, szerokość 1600 mm, wysokość 1600 mm.



Rys. 3. Młyn wibracyjny MW-A-150m: a) podczas montażu, b) podczas pracy



Rys. 4. Schemat układu mielenia młyna wibracyjnego MW-A-150m: 1 – młyn, 2 – silnik młyna, 3 – wlot zawiesziny do mielenia, 4 – wylot zmielonej zawiesziny, 5 – obudowa młyna, 6 – wentylator chłodzenia, 7 – mieszalnik, 8 – zawór, 9 – pompa, 10 – przenośnik odbioru zmielonej zawiesziny

Młyn ten wyposażono w układ zasilania wodną zawiesziną tlenku chromu, składający się z mieszalnika, zaworu i pompy membranowej o regulowanym natężeniu przepływu (Rys. 4). Do odbioru zawiesziny wykorzystano przenośnik ślimakowy znajdujący się w układzie mielenia na sucho.

Wyniki wstępnych badań młyna i układu mielącego

Wyniki wstępnych badań mielenia tlenku chromu na mokrą podano w tabl. 1. Otrzymano je przy częstotliwości drgań 14,2 Hz i amplitudzie drgań 5 mm i wydajności młyna 270÷315 kg/godz. Poziom ciśnienia akustycznego wynosił poniżej 83,8 dBA [6].

Tablica 1

Niektóre wyniki wstępnych badań mielenia tlenku chromu w młynie MW-A-150m

Nr próby	19	20	24	27	29	30
Udział wody, %	21	23	26	18	29	22
Pozost. na sicie 0,063 mm, %	0,044	0,068	0,057	0,043	0,068	0,065

Wyniki uziarnienia uzyskano przy wydajności młyna wyższej od projektowej oraz przy niższej częstotliwości i amplitudzie drgań.

Podsumowanie

Wyniki badań eksploatacyjnych wskazują, że jeden młyn wibracyjny o działaniu ciągłym, może zastąpić cztery młyny grawitacyjne o działaniu okresowym. Ciągły sposób pracy młyna wyeliminował ręczną obsługę (załadunek, rozładunek, dozowanie środka redukującego chrom), występującą w młynach grawitacyjnych. Dużo niższy poziom ciśnienia akustycznego i całkowita eliminacja zapylenia poprawiły warunki pracy obsługi młynowni.

Podczas badań młyn nie uzyskał wymaganego i stabilnego uziarnienia zmielonego tlenku. Uziarnienie to uzyskano po zwiększeniu częstotliwości drgań do 16 Hz i zmniejszeniu wydajności do 150÷200 kg/godz.

Problemy związane z zatykaniem się rur zasilających i zaworu wyeliminowano przez zastosowanie młyna wstępnego MW-B-80 [7], w którym mielono tlenek chromu na sucho i rozdrabniano tak zwane wady technologiczne (resztki wymurówki, spinele i piasek).

LITERATURA

1. Palla-Schwingmühlen. Materiały firmowe firmy KHD Humboldt Wedag AG. Köln, 1994.
2. Vibrating Ball Mills, Materiały firmowe Allis Chalmers Cement & Mining Systems Division-Milwaukee, Wisconsin USA, 1985.
3. J. Sidor: Badania i metody projektowania młynów wibracyjnych, UWND AGH Kraków, 2005.
4. J. Sidor, Z. Drzymala: Zesz. Nauk. Pol. Białostockiej – Budowa i Eksploatacja Maszyn, nr 9, 405 (2002).
5. J. Sidor: Inż. Chem. i Proc., 22 z.3E, 1255 (2001).
6. J. Sidor, T. Majchrzak: Structural Acoustic and Mechanics for Environmental Protection IX, 45 (2000).
7. J. Sidor, A. Tyka: Prototypowy młyn wibracyjny MW-B-80 do wstępnego mielenia tlenku chromu, AGH KUTiOŚ (2001) – niepublikowana.

Pracę wykonano w ramach Projektu Badawczego, umowa AGH Nr 17.17.160.676