

Józef CZEPIEL

Kazimierz MROCZEK

Instytut Maszyn i Urządzeń Energetycznych
Politechnika Śląska

BADANIA MODELOWE UKŁADU MIELĄCEGO MŁYNA PIERŚCIENIOWO-KULOWEGO

Część I. Przyjęte założenia, opis stanowiska doświadczalnego, metodyka badań

Streszczenie. Opisano uniwersalne stanowisko doświadczalne do badań układów mielących młynów średniobieżnych do przemiału węgla kamiennego. Podano założenia przyjęte do badań oraz cechy geometryczne zastosowanych układów mielących pierścieniowo-kulowych. Przedstawiono metodykę prowadzenia badań wpływu cech konstrukcyjnych układów mielących na wydajność i zużycie energii na przemiał.

1. WSTĘP

Do przemiału węgla kamiennego w krajowych elektrowniach stosuje się głównie średniobieżne młyny miażdżące pierścieniowo-kulowe i misowo-rolkowe.

Występująca aktualnie i prognozowana na przyszłość tendencja spalania węgla o stale pogarszającej się charakterystyce (zmniejsza się wartość opałowa, rośnie zawartość popiołu i wilgoci) zmusza do poszukiwania sposobów zwiększenia wydajności młynów oraz optymalnych, ze względu na przyspieszony proces erozji, rozwiązań konstrukcyjnych.

Duża liczba jednocześnie realizowanych w młynie procesów (rozdrabnianie, suszenie, odsiewanie, transport) i wzajemne ich powiązania nie pozwoliły do tej pory na opracowanie zadowalającej teorii, którą można by posłużyć się przy rozwijaniu konstrukcji młynów. Rozwój tych urządzeń odbywa się głównie na podstawie danych empirycznych i doświadczenia konstrukcyjno-eksploatacyjnego.

Najbardziej wiarygodne wyniki eksperymentalne można uzyskać badając młyn w naturalnej skali na odpowiednio oprzyrządowanym stanowisku doświadczalnym i przenosić rezultaty pomiarów wprost na obiekty takiej samej skali. Z przedsięwzięciem takim wiążą się jednak bardzo poważne nakłady finansowe i trudności techniczne (np. problem zagospodarowania dużej ilości pyłu wyprodukowanego podczas badań) [4].

Tańszym wariantem w skali rzeczywistej są badania prowadzone bezpośrednio w warunkach elektrowni, na wytypowanym młynie bloku energetycznego. Ze względu jednak na występowanie różnego rodzaju zakłóceń oraz ograniczeń

eksploatacyjnych i technicznych, w praktyce bardzo trudne jest ich wykonanie w odpowiednio szerokim zakresie.

Badania na instalacji młynowej o pomniejszonej skali pozwalają na wydatne obniżenie kosztów, a także na szersze i dokładniejsze zbadanie wpływu wielu czynników na pracę młyna.

W Instytucie Maszyn i Urządzeń Energetycznych Politechniki Śląskiej podjęto badania tych urządzeń na instalacji doświadczalnej o skali półtechnicznej. Młyn doświadczalny ma uniwersalną konstrukcję, która pozwala na badania układów mielących pierścieniowo-kulowych i misowo-rolkowych o różnych cechach geometrycznych z możliwością stosowania różnych parametrów ich pracy. Badania mogą być prowadzone wg 2 wariantów, tj.:

- badania całokształtu procesów zachodzących w młynie z odsiewaczem wentylowanym gorącymi spalinami,
- badania wydzielonego procesu rozdrabniania w układzie mielącym.

W pierwszej kolejności podjęto badania układów mielących pierścieniowo-kulowych. W artykule przedstawiono koncepcję badań wydzielonego procesu przemiału węgla w takim układzie mielącym. Podano założenia przyjęte do badań, opis instalacji doświadczalnej, metodykę pomiarów oraz przeanalizowano podstawowe charakterystyki pomiarowe dla tego układu.

Zebrany materiał pomiarowy będzie służyć do weryfikacji opracowywanego matematycznego modelu mielenia w pierścieniowo-kulowym układzie mielącym, a także może być wykorzystany do ustalania kierunków modernizacji jednostek przemysłowych.

2. ZAŁOŻENIA DO BADAŃ

Brak teorii jednoczesnego modelowania kompleksu procesów zachodzących w młynie średniobieżnym [10] aktualnie uniemożliwia pełne modelowanie jego pracy. W tej sytuacji autorzy podjęli próbę badań wydzielonego mechanizmu rozdrabniania w układzie mielącym jako mechanizmu o decydującym znaczeniu w pracy całego młyna.

W celu ułatwienia analizy, mechanizm ten można myślowo rozdzielić na dwie części składowe, tj.:

- mechanizm ruchu mieliwa w układzie mielącym,
- mechanizm miażdżenia warstwy mieliwa.

Postawiono hipotezę, że wydajność układu mielącego B zależy od stosunków przepływowych wyrażonych przez średnią prędkość promieniową warstwy mieliwa w_{sr} oraz efektywności rozdrabniania węgla w warstwie wyrażonej przez tzw. efekt rozdrabniania ΔR_x (patrz p. 2.2)

$$B = C w_{sr} \Delta R_x$$

(1)

gdzie:

C - oznacza wartość stałą.

Warunkiem modelowania procesu przemiału będzie więc zapewnienie podobieństwa ruchu i miażdżenia warstwy węgla w modelu i obiekcie rzeczywistym.

2.1. Podobieństwo ruchu mieliwa w układzie mielącym

Dla geometrycznie podobnego modelu układu mielącego można wyznaczyć kryteria podobieństwa przepływu mieliwa posługując się twierdzeniami analizy wymiarowej [7]. Stawia się hipotezę, że o kinematyce ruchu mieliwa przez układ mielący decydują:

- d_k - średnica kul miażdżących [m],
- z - liczba kul w układzie,
- ω - prędkość kątowna układu [1/s],
- g - przyspieszenie ziemskie [m/s²],
- k - współczynnik tarcia mieliwa o kule i bieżnię,
- k_w - współczynnik tarcia wewnętrznego mieliwa.

Można więc napisać:

$$f_1(d_k, z, \omega, g, k, k_w) = 0 \quad (2)$$

W przyjętym zestawie $m = 6$ wielkości występuję $n = 2$ podstawowe jednostki miary (m, s).

Zgodnie z twierdzeniem Buckingham'a, zależność (2) można wyrazić jako funkcję $m - n$ liczb kryterialnych

$$f_2(K_1, K_2, K_3, K_4) = 0 \quad (3)$$

Przyjmując jako wielkości podstawowe ω, g , po rozwiązaniu równań wymiarowych otrzymuje się:

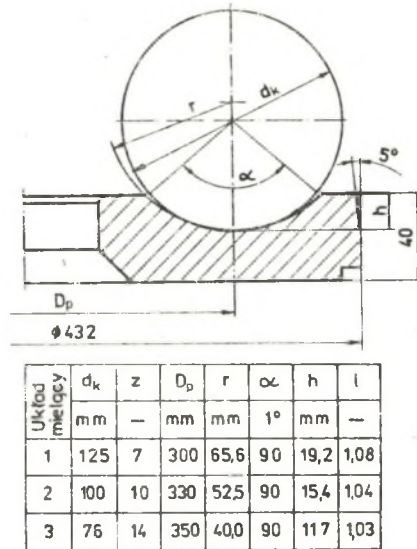
$$K_1 = \frac{d_k \omega^2}{g} \quad (4)$$

$$K_2 = z_k \quad (5)$$

$$K_3 = k \quad (6)$$

$$K_4 = k_w \quad (7)$$

Na podstawie przeprowadzonych analiz możliwości technicznych postanowiono jako mieliwa do badań użyć odpowiednio przygotowanego sortymentu węgla kamiennego (por. p. 2.2). Zastosowanie wysuszonego węgla kamiennego jako



$$l = \frac{\pi \cdot D_p}{z \cdot d_k} \quad \text{- luz obwodowy względny}$$

Rys. 1. Cechy geometryczne układów mielących

Fig. 1. Geometrical features of grinding systems

mieliwa modelowego i wykonanie modelowego układu mielącego z tych samych materiałów, co i obiekt rzeczywisty, zapewnia automatyczne spełnienie kryteriów K_3 i K_4 .

Przyjęcie, że układ mielący będzie geometrycznie podobnym modelem obiektu rzeczywistego w skali - k_1 (rys. 1) oznacza spełnienie kryterium K_2 , natomiast wg kryterium K_1 (liczba Frouda) można wyliczyć prędkość kątową modelu wg zależności:

$$\omega = \omega_0 \sqrt{k_1} \quad (8)$$

gdzie:

ω_0 - oznacza prędkość kątową obiektu rzeczywistego.

2.1.1. Prędkość kątowa pierścienia miazdzącego

Jednym z głównych celów badań było określenie charakteru wpływu prędkości układu mielącego na jego wydajność. W związku z tym zakres badań tego wpływu powinien obejmować prędkości niższe oraz wyższe od prędkości obliczonej wg danych modelowanego obiektu rzeczywistego (młyna MKM-33).

Dla danych: $\omega_0 = 3,6$ 1/s i $k_1 = 7,5$ otrzymuje się $\omega = 10,4$ 1/s.

2.2. Podobieństwo procesu miażdżenia warstwy węgla

Przyjęto, że głównym mechanizmem rozdrabniania węgla w pierścieniowo-kulowym układzie mielącym jest miażdżenie między kulami a pierścieniem dolnym. Za miarę efektywności rozdrabniania przyjęto tzw. efekt rozdrabniania (efekt mielenia) - ΔR_x [11, 12]. Jest to różnica w pozostałościach sitowych dla mieliwa przed i po miażdżeniu

$$\Delta R_x = R_{x1} - R_{x2} \quad (9)$$

gdzie:

R_{x1} , R_{x2} - pozostałości sitowe na sicie o rozmiarze oczka x , odpowiednio dla węgla przed i po miażdżeniu.

Badania własne miażdżenia warstwy węgla w cylindrze pod tłokiem wskazują na to, że dla danego rodzaju węgla efekt rozdrabniania (rys. 2) jest funkcją:

- początkowej grubości warstwy miażdżonej - f ,
- jednostkowego nacisku wywieranego na miażdżoną warstwę - s_f .

Z przebiegu zależności (rys. 2) wynika, że przy stałej wartości nacisku jednostkowego, efekt rozdrabniania staje się bardzo mało zależny od początkowej grubości warstwy dla warunku

$$f > 2 x_{sr} \quad (10)$$

gdzie:

x_{sr} - jest średnią średnicą ziarn przed zmiżdżeniem.

Na rys. 2 pokazano wyniki miażdżenia wąskich klas ziarnowych węgla. Podobne zależności uzyskano dla szerokiej klasy 0-2 mm, gdzie również po spełnieniu warunku (10) efekt rozdrabniania staje się praktycznie niezależny od początkowej grubości warstwy. Można więc twierdzić, że o ile w modelu i obiekcie rzeczywistym miażdżenie będzie zachodzić przy spełnieniu warunku $f > 2 x_{sr}$, to będzie to przypadek samomodelowania procesu miażdżenia.

Opierając się na wynikach badań eksploatacyjnych młynów przemysłowych [9], po odpowiednich przeliczeniach można stwierdzić, że warunek (10) jest spełniony.

Dobierając odpowiednio klasę ziarnową węgla do badań modelowych można również i tu ten warunek spełnić. Wprawdzie poziom wartości efektu rozdrabniania w modelu może się różnić od poziomu jego wartości w obiekcie rzeczywistym, min. ze względu na inne niż w modelu termiczne warunki rozdrabniania, niemniej można przypuszczać, iż zmianie nie ulegnie ogólne prawo rządzące rozdrabnianiem.

2.2.1. Rodzaj i granulacja zastosowanego węgla

Do badań zostały zastosowane dwie klasy ziarnowe węgla, tj.:

- klasa 0-7,5 mm,
- klasa 0-2 mm,

odsiane mechanicznie (odpowiednio na sicie o oczkach okrągłych Φ 7,5 mm i sicie szczelinowym o szerokości szczeliny 2 mm) z sortymentu Dr III. Węgiel pochodzi z Kopalni Zabrze Makoszowy. Zastosowanie klasy ziarnowej 0-7,5 mm oznacza częściowe odstępianie od warunku (10). Jak jednak pokazały wyniki pomiarów, praktycznie nie powoduje to powstania dużego błędu pomiarów, a pozwala wydatnie zmniejszyć nakłady pracy związane z przygotowaniem mieliwa do badań.

2.2.2. Nacisk jednostkowy wywierany na mieloną warstwę

Ponieważ skala wymiarów liniowych modelu wynosi k_1 , więc skala powierzchni będzie równa k_1^2 . W związku z tym średni nacisk wywierany na warstwę przez jedną kulę s_f powinien spełniać warunek

$$s_f = \frac{S}{z d_k^2} = \frac{S_0}{z_0 d_{k0}^2} \quad (11)$$

gdzie:

S, S_0 - siła działająca na warstwę odpowiednio, w modelu i obiekcie rzeczywistym,

d, d_k - średnica kuli w modelu i obiekcie rzeczywistym,

z, z_0 - liczba kul w modelu i obiekcie rzeczywistym.

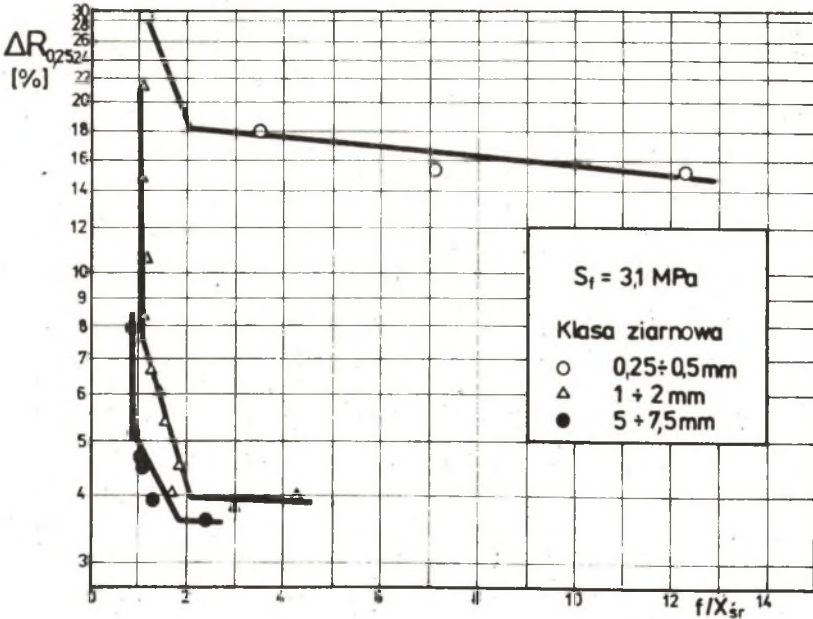
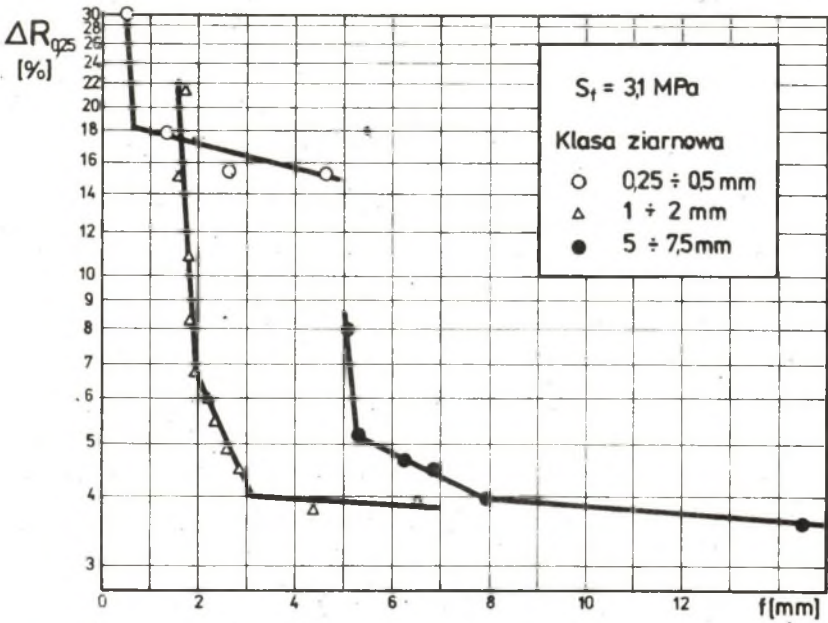
Spełnienie warunku (11) fizycznie oznacza równość nacisków jednostkowych s_f w modelu i obiekcie modelowanym wywieranych na warstwę miążdżoną.

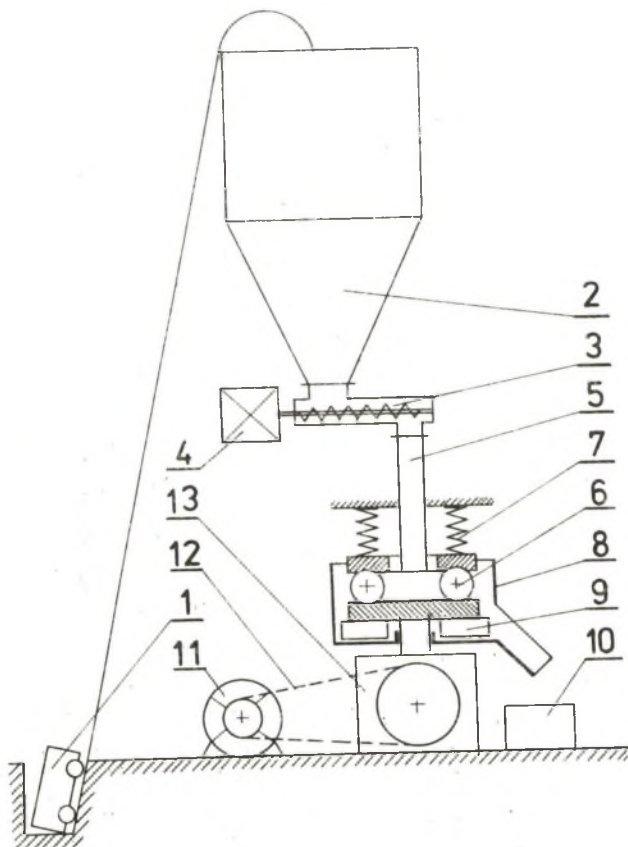
Do badań modelowych przyjęto początkowo wartość nacisku jednostkowego (wg wzoru (11)) taką samą, jak dla młyna przemysłowego MKM-33, która dla danych: $S_0 = 490$ kN, $z_0 = 10$, $d_{k0} = 0,75$ m wynosi $s_{f0} = 87$ kPa.

Z częściowych doświadczeń uzyskanych w trakcie badań wstępnych wynika, że powiększenie docisku ponad 50 kPa dla stosowanego rodzaju węgla nieznacznie wpływa na wydajność doświadczalnego układu mielącego. Z tego powodu prawie wszystkie pomiary przeprowadzono przy naciskach jednostkowych ok. 50 kPa.

3. OPIS STANOWISKA POMIAROWEGO, SPOSÓB PROWADZENIA POMIARÓW

Stanowisko pomiarowe przedstawiono na rys. 3. Odpowiednio przygotowany węgiel (nadawę) transportuje się urządzeniem skipowym 1 do zasobnika 2 skąd za pomocą podajnika ślimakowego podaje się go przez rurę zsypaną 5 do





Rys. 3. Schemat instalacji do badań procesu rozdrabniania w niewentylowanym młynie pierścieniowo-kulowym

Fig. 3. Diagram of the installation for investigations of grinding process in non-ventilated ring - ball mill

układu mielącego 6. Wydajność podajnika można regulować w sposób ciągły za pomocą bezstopniowej przekładni pasowej 4. Węgiel zsypujący się centralnie na wirujący stół młyna przemieszcza się promieniowo po płaskiej części stołu, a następnie wchodzi na bieżnię pierścienia miażdżącego, gdzie ulega rozdrobnieniu i wyrzucany siłą odśrodkową na zewnątrz układu spływa na płytę dolną, skąd zgarniakami 9 usuwany jest przez otwór w płycie na rynnę i zsypuje się do pojemnika 10. Młyn jest napędzany silnikiem elektrycznym asynchronicznym 11 za pośrednictwem przekładni pasowej 12 oraz przekładni zębatej stożkowej 13.

Przełożenie przekładni pasowej można stopniować przez zmianę kół pasowych. Nacisk na górny pierścień układu mielącego jest wywierany przez trzy zespoły dociskowe sprężynowo-dźwigniowe 7 cechujące się możliwością regula-

cji docisku w szerokim zakresie. Grubość warstwy mielniwa pod kulami układu mielącego jest mierzona w sposób pośredni przy użyciu czujników zegarowych (w trzech punktach jednocześnie mierzy się przemieszczenie pierścienia dociskowego w kierunku pionowym).

Po uruchomieniu młyna i odczytaniu mocy biegu jałowego załączany jest podajnik węgla, a następnie, po osiągnięciu przez warstwę pod kulami stabilnego poziomu (co trwa przeciętnie kilka sekund) pobiera się do pojemnika próbę mielniwa o przeciętnej masie ok. 20 kg, mierząc jednocześnie czas jej poboru. Równolegle odczytywane są wskazania mierników grubości warstwy mielniwa i mocy czynnej pobieranej przez silnik młyna. Po dokonaniu pomiaru próba jest ważona w celu określenia masowego strumienia mielniwa, a następnie drogą kilkukrotnego kwartowania przygotowuje się próbkę do analizy sitowej. Kolejne pomiary w cyklu pomiarowym wykonuje się po uprzedniej zmianie wydajności podajnika. Praktycznie, w celu uzyskania odpowiednio dokładnej charakterystyki pomiarowej należy wykonać od 10 do 20 pomiarów w cyklu. Cykl pomiarowy dla innych warunków pracy układu mielącego ma przebieg analogiczny do opisanego.

4. METODA BADAŃ

4.1. Sposób określania wydajności układu mielącego - B_x i zużycia energii na przemiał - e_x

4.1.1. Wydajność układu mielącego

Na podstawie bilansu masy układu mielącego dla danej klasy ziarnowej można określić nowo powstały w wyniku mielenia masowy strumień tej klasy z zależności:

$$B_x = B_m (R_{x1} - R_{x2}) \quad (12)$$

jeżeli podstawić

$$\Delta R_x = R_{x1} - R_{x2} \quad (13)$$

to

$$B_x = B_m \Delta R_x \quad (14)$$

gdzie:

B_m - masowy strumień mielniwa (obciążenie),
 R_{x1} , R_{x2} - pozostałości na sicie o rozmiarze oczka x w mielniwie, odpowiednio przed i po mieleniu.

Wielkość ΔR_x (efekt rozdrabniania) fizycznie oznacza przyrost masy produktu (pyłu) klasy ziarnowej 0 - x z jednostki masy mieliwa, powstały w wyniku rozdrabniania.

Zagadnieniem wymagającym dodatkowego omówienia jest sposób określenia wartości rozmiaru x do oceny wydajności danego układu mielącego. Otóż przyjęto zasadę [11, 12], że wydajność układu mielącego powinno się określać dla takiej frakcji 0 - x, aby skład granulometryczny nowo powstałego pyłu, mierzony pozostałościami sitowymi $R_{0,06}$ i $R_{0,09}$, był zbliżony do składu granulometrycznego pyłu produkowanego w młynie przemysłowym.

Dla pyłu z instalacji przemysłowej o charakterystyce:

$$R_{0,09} = 30\% \quad R_{0,2} = 5\%$$

rozmiar x zawiera się w granicach od 0,15 do 0,20 mm.

4.1.2. Jednostkowe zużycie energii na przemiał

Jednostkowe zużycie energii na przemiał e_x określono z zależności:

$$e_x = \frac{N - N_0}{B_x} \quad (15)$$

gdzie:

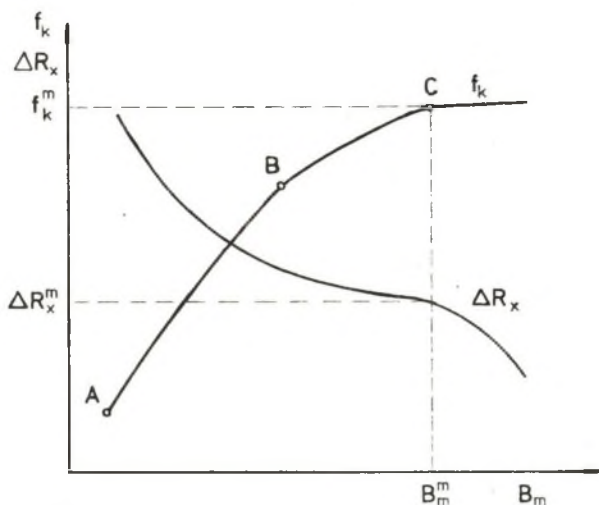
N_0 , N - moc czynna pobierana przez silnik młyna, odpowiednio przy biegu jałowym i podczas mielenia.

Jednostkowe zużycie energii uwzględnia więc jedynie pracę rozdrabniania bez uwzględniania pracy biegu jałowego.

5. PODSTAWOWE CHARAKTERYSTYKI POMIAROWE UKŁADU MIELĄCEGO

Podstawową zależnością uzyskiwaną z pomiarów jest zależność efektu rozdrabniania od strumienia podawanego mieliwa $\Delta R_x = f(B_m)$ przy ustalonych: prędkości kątowej pierścienia miażdżącego i docisku elementów mielących (rys. 4). Na podstawie tej zależności określana jest wydajność B_x i jednostkowe zużycie energii na przemiał e_x dla zadanych warunków pracy układu mielącego.

Istotną wielkością pomocniczą, którą postanowiono wprowadzić do metodyki pomiarowej, jest grubość warstwy mieliwa pod kulami układu mielącego f_k powstająca w trakcie mielenia. Charakter jej zależności od strumienia mieliwa przepływającego przez układ czy od prędkości obrotowej i innych parametrów pracy układu jest bardzo pomocny przy interpretacji zjawisk procesu przemiału.



Rys. 4. Zależność efektu rozdrabniania i grubości warstwy mieliwa pod kulami od obciążenia układu mielącego

Fig. 4. Dependence of the grinding effect and thickness of the grinding medium layer situated beneath the balls on loading of the grinding system

3.1. Efekt mielenia i grubość warstwy mieliwa

Na podstawie analiz wyników pomiarów można stwierdzić, że dla małych obciążeń układu mielącego grubość warstwy mieliwa pod kulami jest w przybliżeniu proporcjonalna do strumienia B_m (odcinek AB - rys. 4), po czym nachylenie krzywej maleje, a po przekroczeniu pewnej wartości strumienia B_m^m (strumień graniczny) poziom warstwy ustala się lub nieznacznie rośnie.

W ogólności, efekt mielenia zmienia się w takt zmian grubości warstwy: im względny przyrost grubości warstwy większy, tym i spadek efektu większy.

Przy narości obciążenia B_m rośnie proporcjonalnie grubość warstwy wchodzącej pod kule, a ponieważ powierzchnia styku mielonego węgla z kulą rośnie z kwadratem grubości warstwy, więc wartość nacisku jednostkowego na warstwę silnie spada. Z tego powodu i odkształcenie szybko maleje, co objawia się większym względnym przyrostem grubości warstwy w stosunku do względnego przyrostu wartości strumienia B_m . Występuje także szybki spadek efektu rozdrabniania.

W zakresie obciążeń średnich nachylenie charakterystyki $f_k = f_m(B_m)$ zmniejsza się ze wzrostem obciążenia. Poczawszy od punktu B (rys. 4) prawdopodobnie zachodzi jakościowa zmiana w mechanizmie naprężania pojedynczych ziarn. Jeżeli bowiem w cienkiej warstwie naprężenia przekazywane są bezpośrednio przez elementy mielące znacznej części materiału, to w grubej warstwie duża część ziarn otrzymuje energię rozdrabniania od ziarn sąsiednich.

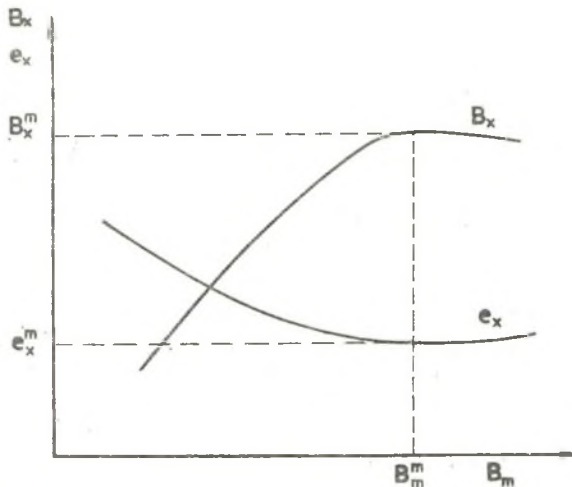
Sposób naprężania ze wszystkich stron (na całej powierzchni cząstki) wymaga większego naprężenia kruszącego, stąd odkształcenie mielonej warstwy zmniejsza się w miarę wzrostu obciążenia.

Również efekt mielenia spada znacznie wolniej ze wzrostem obciążenia układu mielącego, co można uważać za potwierdzenie wyżej omawianych wyników badań quasistatycznego miażdżenia węgla pod tłokiem.

Po przekroczeniu pewnej wartości strumienia mieliwa (punkt C) poziom grubości warstwy pod kulami wykazuje tendencję do stabilizacji lub wolnego narostu. Wynika to prawdopodobnie z osiągnięcia przez warstwę napływającą pod kule wartości granicznej ze względu na warunek wciągania. Natomiast efekt rozdrabniania spada znacznie szybciej niż w poprzednim zakresie obciążenia układu mielącego. Można to wyjaśnić tym, że począwszy od obciążenia B_m^m w rozdrabnianiu uczestniczy stały strumień węgla niezależnie od wzrostu B_m i stąd charakterystyka $\Delta R_x = f(B_m)$ ulega załamaniu.

5.2. Wydajność i zużycie energii przez układ mielący

Typowe charakterystyki wydajności i zużycia energii na przemiał jako funkcje obciążenia układu mielącego przedstawiono na rys. 5.



Rys. 5. Zależność wydajności i jednostkowego zużycia energii na przemiał od obciążenia układu mielącego

Fig. 5. Dependence of efficiency and unit energy consumption for milling on loading of the grinding system

Zależność $B_x = B_m \Delta R_x$ posiada maksimum. Z reguły maksymalna wydajność układu mielącego odpowiada zakresowi początku stabilizowania się grubości warstwy mieliwa pod kulami. Za miarę efektywności układu mielącego o danych

cechach geometrycznych i przy zadanych parametrach pracy przyjęto wartość jego maksymalnej wydajności B_x^m .

Z analizy uzyskanych rezultatów pomiarów wynika, że jednostkowe zużycie energii na przemiał (rys. 5) zależy od obciążenia układu mielącego.

Zależność $e_x = f(B_m)$ posiada minimum. Z reguły miejsce występowania minimalnej wartości zużycia energii na przemiał odpowiada miejscu występowania maksymalnej wydajności.

LITERATURA

1. Romadin V.P.: Pyleprigotowlenie. "Gosenergoizdat". Moskwa - Leningrad 1953.
2. McKenzie E.C.: Postęp w budowie młynów pierścieniowo-kulowych. Ref. na konferencję "Przemiał węgla w elektrowniach", Warszawa 1967. Wyd. Babcock and Wilcox Ltd., Londyn 1967.
3. Zareba J., Kołomecki W.: Modelowe badania procesów mielenia i separacji w wybranym typie młyna węglowego dla bloków 500 MW. Zadanie 1. Opracowanie Instytutu Techniki Ciepłej w Łodzi (nie publikowane). Łódź 1972.
4. Zareba J.: Prace ITC w dziedzinie badań młynów węglowych. "Gospodarka Paliwami i Energią", 1974, nr 5.
5. Siwy T.: Dobór optymalnego mechanizmu mielącego dla średniobieżnych młynów węglowych. "Energetyka", 1974, nr 9.
6. Krajowe młyny węglowe w konfrontacji z wybranymi zagranicznymi opiniami użytkowników i wynikami pomiarów. Prace OBRKiUE, Tarnowskie Góry 1974.
7. Müller L.: Zastosowanie analizy wymiarowej w badaniach modeli. PWN, Warszawa 1983.
8. Bobiec E., Krajewski W.: Rozwój produkcji młynów pierścieniowo-kulowych w FPM. "Energetyka", 1983, nr 10.
9. Korzuch S., Najgebauer N.: Opracowanie wyników badań młynów pierścieniowo-kulowych i misowo-rolkowych wykonanych przez CBKK Tarnowskie Góry. Opracowanie CBKK (nie publikowane). Tarnowskie Góry 1984.
10. Michejew G.G., Mizonow W.E., Tupicyn D.W., Usakow S.G.: Kaczeztwiennoje issledowanie separatorow na modeli srednochnodnoj mielnicy. "Tieplo-energiyetika", 1984, nr 1.
11. Czepiel J., Mroczek K.: Badania na stanowisku doświadczalnym wpływu liczby i średnicy kul młyna pierścieniowo-kulowego na jego wydajność i jednostkowe zużycie energii. Prace Instytutu Siłowni Ciepłych i Jądrowych Politechniki Śląskiej (nie publikowane). Gliwice 1984.
12. Czepiel J., Mroczek K.: Opracowanie modelu fizycznego procesu przemiału węgla w niewentylowanym pierścieniowo-kulowym układzie mielącym w oparciu o badania na instalacji doświadczalnej. Prace Instytutu Maszyn i Urządzeń Energetycznych (nie publikowane). Gliwice 1986.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Władysław Gajewski

Wpłynęło do redakcji w marcu 1988 r.

МОДЕЛЬНОЕ ИСПЫТАНИЕ РАЗМОЛЬНОЙ СИСТЕМЫ
СРЕДНЕХОДНОЙ КОЛЬЦЕВО-ШАРОВОЙ МЕЛЬНИЦЫ

Часть I. Исходные данные, описание испытательного стенда,
методика исследований

Р е з ю м е

Описан универсальный испытательский стенд для исследований размольных систем среднеходных мельниц для разлома каменного угля. Приводятся принятые для исследований исходные данные, а также геометрические характеристики примененных кольцево-шаровых размольных систем. Представлена методика ведения исследований влияния конструкционных характеристик размольных систем на производительность и расход энергии на размол.

MODEL TESTING OF A RING-BALL MILL GRINDING SYSTEM

Part I. Assumptions; description of the test stand; testing methodology

S u m m a r y

A universal test stand for testing grinding systems of medium speed mills for bituminous coal grinding has been described. Assumptions to testing and geometrical features of applied ring-ball grinding system have been given. The methodology of carrying out the tests of grinding systems on milling have been shown.