

MARCELI BARAN

Katedra Kotłów i Maszyn Ciepłych

DOBÓR GŁÓWNYCH WYMIARÓW KONSTRUKCYJNYCH
MŁYNÓW MIAŻDŻĄCYCH PIERŚCIENIOWO-KULOWYCH
DLA KRAJOWYCH WĘGLI ENERGETYCZNYCH

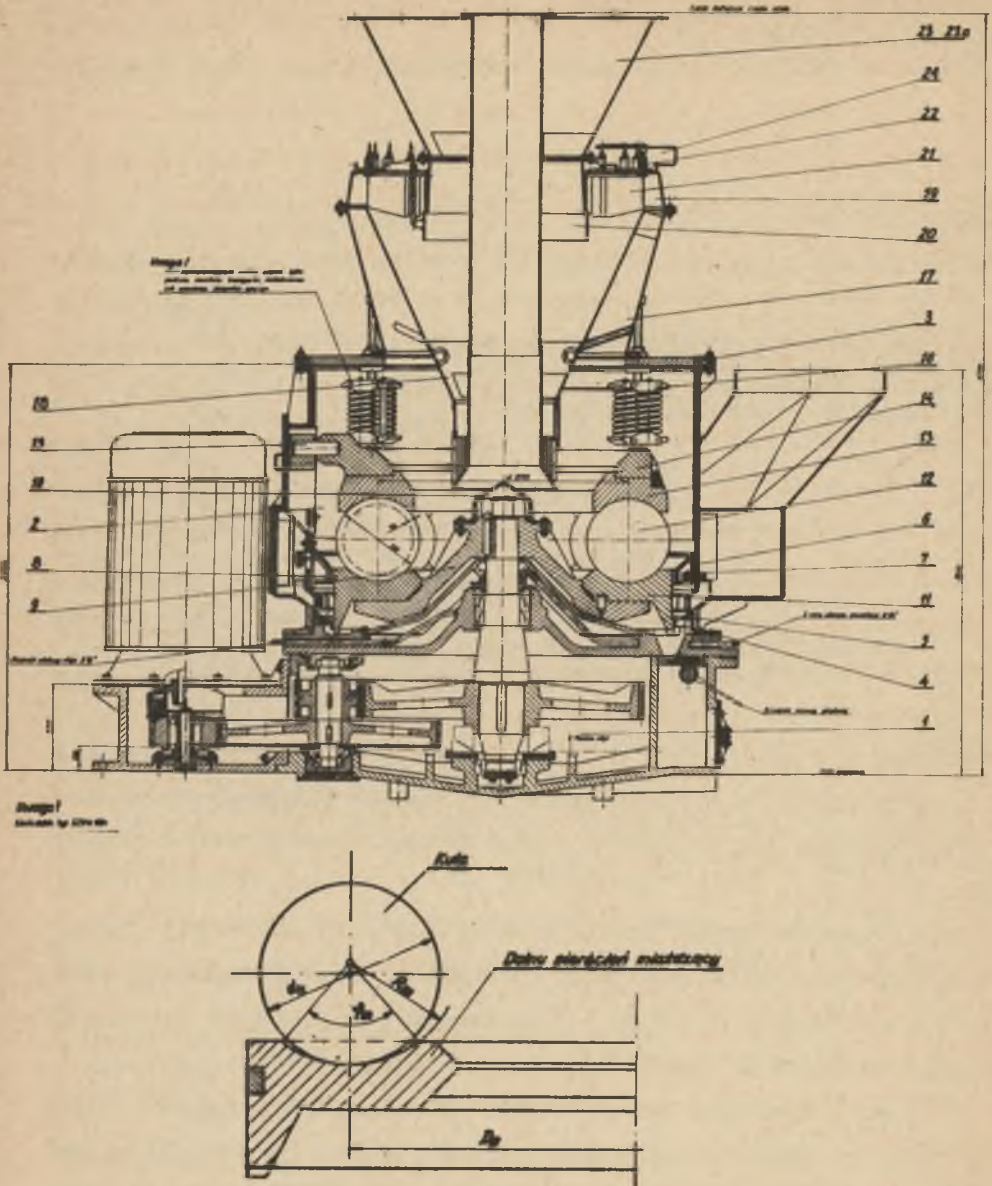
Na podstawie badań prototypowego młyna pierścieniowo-kulowego MKM-33 i danych opublikowanych w literaturze podano w pracy zasady doboru podstawowych wymiarów konstrukcyjnych młynów miażdżących pierścieniowo-kulowych do przemiału węgla kamiennego.

1. Wstęp

Do przemiału węgla kamiennego dla kotłów pyłowych obecnie w kraju stosowane są zazwyczaj młyny miażdżące pierścieniowo-kulowe.

Wg przeprowadzonych przez Katedrę badań, w krajowych elektrowniach koszt przemiału węgla w tych młynach kształtuje się od 11,5 do 12,7 zł/t i jest znacznie niższy niż w młynach bebnowo-kulowych a także młynach wentylatorowych.

W kraju dotychczas budowana była tylko jedna wielkość tych młynów tj. E-70/62 o wydajności ok. 15 t/h. Przy udziale Katedry została opracowana konstrukcja młyna MKM-33 o wydajności ok. 33 t/h, którego prototyp został wykonany i zainstalowany na stanowisku badawczym. Przeprowadzone częściowe badania umożliwiły zebranie materiałów potrzebnych do konstrukcji, niemniej jednak szereg parametrów nie zostało dotychczas przeba-



Rys. 1. Młyn miazdzący pierścieniowo-kulowy

danych. Badania prototypu na stanowisku badawczym będą w dalszym ciągu kontynuowane, ale potrzeby energetyki zmuszają do szybkiego opracowania innej wielkości tego typu mlyna.

Ostatnio przy udziale Katedry opracowywana jest konstrukcja mlyna MKM-25 (o wydajności ok. 25 t/h) przeznaczona dla bloku 200 MW na węgiel kamienny o wartości opałowej ok. $21 \cdot 10^3$ kJ/kg.

Mlyny stosowane do przygotowania pyłu węglowego dla kotłów w obecnym stanie rozwoju są budowane przez przemysł w oparciu o zdobyte doświadczenia i dane empiryczne. Brak dotychczas podstaw teoretycznych zasad ich pracy i konstruowania. Powiększenie poszczególnych jednostek oraz ulepszenie ich działania odbywa się dotychczas wyłącznie na drodze empirycznej, gdyż badania i opracowanie podstaw teoretycznych nie nadążają za potrzebami przemysłu. Jest to prawdopodobnie wynikiem złożoności zjawisk jakie występują w procesie rozdrabniania węgla, co niezwykle utrudnia ustalenie praw nimi rządzących.

2. Średnica podziałowa pierścienia miazdzącego mlyna

Średnicę podziałową pierścienia miazdzącego mlyna można wyznaczyć ze wzoru

$$D = \sqrt{\frac{\dot{B} P_{dr} \ln \frac{100}{R_{0,09}}}{6,2 K_{WTI} P_{W1} P_{W2}}} \quad [m] \quad (1)$$

gdzie:

K_{WTI} - podatność przemiałowa węgla wyznaczona metodą WTI,

P_{W1} - poprawka, uwzględniająca wpływ wilgotności na podatność przemiałową mielonego węgla,

P_{W2} - mnożnik przeliczeniowy masy węgla o średniej wilgotności $W^{\acute{s}r}$ na masę surowego węgla o wilgotności W^x ,

P_{dr} - poprawka uwzględniająca zmianę wydajności mlyna w zależności od granulacji węgla,

$\ln \frac{100}{R_{0,09}}$ - wielkość, uwzględniająca zmianę wydajności mlyna w zależności od jakości przemiału za separatorem

3. Liczba obrotów mlyna i kształt bieżni pierścieni

Wychodząc z warunków ruchu węgla między kulami i pierścieniem miażdżącym liczbę obrotów i kształt powierzchni miażdżącej pierścienia dolnego dobiera się tak, aby materiał mielony nie był wyrzucany pomiędzy kulami do szczeliny na zewnątrz pierścienia.

Warunek ten jest spełniony, jeżeli liczba obrotów pierścienia zostanie dobrana jako funkcja jego geometrycznych kształtów i liczby tarcia materiału mielonego, tj.

$$n = \frac{30}{\sqrt{R_p}} \sqrt{f_s} \sqrt{\frac{1}{1 - \frac{\pi(\alpha_1 + \alpha_2)}{720}}} \quad [\text{min}^{-1}] \quad (2)$$

$$f_s = \ln \frac{\cos(\alpha_1 - \psi)}{\cos(\alpha_2 + \psi)} \quad (3)$$

gdzie:

$R_p = \frac{D}{2}$ [m] - promień podziałowy pierścienia miażdżącego,

$\alpha_1 + \alpha_2 = \varphi_m$ [1°] - kąt opasania kuli,

ψ [1°] - kąt tarcia mielonego węgla po bieżni miażdżącej dolnego pierścienia ($\text{tg } \psi = f$ - współczynnik tarcia),

Dla tego typu młynów na węgiel kamienny ukształtowanie pierścieni miażdżących przyjmuje się zazwyczaj takie, że $\alpha_1 + \alpha_2 = 90^\circ$, wówczas liczbę obrotów młyna można obliczyć z wzoru

$$n = \frac{30}{\sqrt{R_p}} \sqrt{f_s} \sqrt{\frac{1}{1 - \frac{\pi}{8}}} = \frac{38,5}{\sqrt{R_p}} \sqrt{f_s} \quad [\text{min}^{-1}] \quad (4)$$

Należy nadmienić, że w literaturze [11] spotyka się na liczbę obrotów wzór

$$n = \frac{30 \sqrt{2f_s}}{R_p} \quad [\text{min}^{-1}] \quad (5)$$

który jest słuszny tylko dla $\alpha_1 + \alpha_2 = 115^\circ$ a więc nie może być stosowany dla młynów na węgle krajowe.

Brak dotychczas w kraju danych odnośnie wpływu liczby obrotów pierścienia miażdżącego na wydajność młyna. Badania takie są przewidziane w programie badań prototypu młyna MKM-33.

Biorąc pod uwagę własności krajowych węgli energetycznych i wyniki opublikowanych badań dla węgla angielskich na młynie E-70/62, proponuje się wartość f_s dla młynów na krajowe węgle energetyczne przyjmować równą $f_s = 1,285$.

Po przeprowadzeniu badań na prototypie, wartość ta będzie mogła być skorygowana. Należy jednak nadmienić, że obroty młynów budowanych przez firmy zagraniczne są nieco niższe, np.: liczba obrotów młyna tej wydajności firmy Babcock wynosi 40 obr/min. Natomiast obliczona wzorem (4) prędkość obrotowa młyna MKM-25 wynosi 42,5 obr/min.

Biorąc pod uwagę, że krajowe węgle energetyczne zawierają zawsze większe ilości popiołu i zanieczyszczeń, które powię-

kszają ich tarcie o powierzchnie mielące, tym samym większa liczba obrotów dla młyna na krajowe węgle energetyczne jest uzasadniona.

4. Średnica kul

Dla młynów pierścieniowo-kulowych stosunek powierzchni bieżni pierścienia miażdżącego do nominalnej wydajności młyna jest mniej więcej stały i wynosi ok. $k = 0,145 \frac{\text{m}^2}{\text{t/h}}$

Dla produkowanych młynów tej konstrukcji stosunek ten odpowiednio wynosi:

młyn E-70/62 (angielski)	$k = \frac{F_m}{B_n} = 0,141$	$\frac{\text{m}^2}{\text{t/h}}$
młyn E-8,5 (angielski)	0,149	"
młyn E-10 (angielski)	0,136	"
młyn MKM-33 (krajowy)	0,147	"

Powierzchnia miażdżenia

$$F_m = \pi D_p \tau_m \quad [\text{m}^2] \quad (6)$$

$$\tau_m = \frac{2\pi R}{360} \varphi_m \quad [\text{m}] \quad (7)$$

gdzie:

R_m [m] - promień wyłobienia dolnego pierścienia miażdżącego.

Przyjmując

$$\varphi_m = 90^\circ \quad \text{i} \quad R_m = 0,525 d_k$$

gdzie:

d_k [m] - średnica kuli

otrzymamy

$$\tau_m = \frac{2 \cdot \pi \cdot 0,525 d_k}{360} \cdot 90 = 0,26 \pi d_k \quad (8)$$

Powierzchnia miażdżenia

$$F_m = 0,26 \pi^2 D_p d_k \quad (9)$$

Przyjmując stosunek

$$k = \frac{F_m}{B_n} = \frac{0,26 \pi^2 D_p d_k}{\dot{B}_n} \quad (10)$$

można stąd wyznaczyć średnicę kuli

$$d_k = \frac{\dot{B}_n k}{0,26 \pi^2 D_p} = 0,39 k \frac{\dot{B}_n}{D_p} \quad [\text{m}] \quad (11)$$

Zazwyczaj dla młynów o wydajności powyżej 15 t/h, jakie wchodzi w rachubę dla obecnie budowanych kotłów parowych przyjmuje się 10 kul na młyn. Jeżeli przyjąć odstęp między kulami ok. 15-25 mm (średnio 20 mm), to średnicę kuli można wyznaczyć także z warunku

$$d_k = \frac{\pi D_p}{10} - 20 \quad [\text{mm}] \quad (12)$$

gdzie:

D_p - średnica podziałowa pierścienia miażdżącego [mm].

5. Wielkość szczeliny przelotowej

Prędkość powietrza w szczelinie i otworach pierścienia przelotowego winna zapewnić unoszenie ziarn ≤ 30 mm o gęstości 1800 kg/m^3 już przy minimalnej wentylacji młyna. Oczywiście, przy obciążeniu maksymalnym prędkość ta będzie odpowiednio większa.

Prędkość w szczelinie można obliczyć z prędkości swobodnego opadania (w zakresie prawa Newtona $Re > 500$), tj. z wzoru:

$$w_0 = \sqrt{\frac{3 (\rho_s - \rho_p) g d}{\rho_p}} \quad [\text{m/s}] \quad (13)$$

gdzie:

ρ_s, ρ_p $[\text{kg/m}^3]$ - odpowiednio gęstość unoszonego ziarna i powietrza,

d $[\text{m}]$ - średnica ziarna,

g $[\text{m/s}^2]$ - przyspieszenie ziemskie.

Dla zapewnienia transportu w kierunku pionowym, należy przyjąć minimalną prędkość powietrza w szczelinie równą

$$w_{\min} = 1,2 w_0 \quad [\text{m/s}] \quad (14)$$

i wychodząc z tego warunku obliczyć szerokość szczeliny przelotowej.

6. Wentylacja młyna

Dla zapewnienia transportu i suszenia mielonego węgla stosuje się w tych młynach następującą wentylację

$$\dot{V}_n = 1700 \cdot \dot{B}_n \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (15)$$

gdzie:

\dot{V}_n - wentylacja przy temperaturze 65°C za młynem, odpowiadająca nominalnej wydajności młyna m^3/h ,

\dot{B}_n - nominalna wydajność młyna t/h przy podatności przemiałowej 50 °H i jakości przemiału $R_{0,09} = 25\%$.

Wentylacja ta zmienia się z obciążeniem młyna wg zależności

$$\dot{V}_r = \dot{V}_n \left(0,4 + 0,6 \frac{\dot{B}_r}{\dot{B}_n} \right) \quad [m^3/h] \quad (16)$$

Minimalna wentylacja $0,4 \dot{V}_n$ zapewnia jeszcze potrzebną prędkość w_{min} w szczelinie i transport pyłu z komory mielenia.

Jeżeli mielona jest substancja sucha, wówczas wentylacja ma zapewnić wyłącznie transport substancji mielonej z młyna, tym samym może być dobierana wartość minimalna tj. $0,4 \dot{V}_n$. Natomiast przy przemiale węgla temperatura powietrza dobierana jest w funkcji jego wilgotności.

7. Wnioski

1. Zasadnicze wymiary młynów miażdżących pierścieniowo-kulowych w zakresie wydajności 10-50 t/h na krajowe węgle energetyczne można dobierać wg podanych w pracy wzorów. Wzory te zostały potwierdzone na stanowisku badawczym prototypu młyna MKM-33.

2. Podany w pracy sposób doboru liczby obrotów młyna, która jest wielkością najbardziej istotną, oparty został na wynikach badań młyna E-70/62 i charakterystyce krajowych węgla energetycznych. Należy nadmienić, że wielkość ta będzie przedmiotem badań w bieżącym roku na prototypie młyna MKM-33. Wyniki badań pozwolą na ściślejsze ustalenie liczby tarcia krajowych węgla energetycznych o powierzchnie mielenia i tym samym umożliwią

wyznaczyć optymalną liczbę obrotów w funkcji własności mielnego węgla.

Ponieważ przemysł jest zmuszony budować obecnie nowy typ mlyna MKM-25, dlatego proponuje się dobrać jego liczbę obrotów jak podano w pracy.

LITERATURA

- [1] V.I. AKUNOV: Strujnyje mielnicy. Maszynostrojenie. Moskwa 1967.
- [2] M. BARAN: Kryteria oceny przemiału węgla dla kotłów. Materiały na międzynarodową konferencję naukowo-techniczną "Przemiał węgla w elektrowniach". SEP - Warszawa 1967.
- [3] M. BARAN: Zastosowanie młynów pierścieniowo-kulowych do przemiału innych materiałów niż węgiel. Materiały naukowe na Zjazd jednoimiennych Katedr Techniki Ciepłej. Kraków 1969.
- [4] M. BARAN, M. KRUPA: Studium doboru konstrukcji mlyna do bloku 500 MW. Materiały na III Konferencję Kotłową we Wrocławiu. Zeszyt Politechniki Wrocławskiej. Wrocław 1969.
- [5] G. von KEYSSELITZ: Steinkohlenmühlen für grosse Dampferzeuger. Entwicklung, Erprobung und Einsatz der MPS - Mühle Mitteilungen der VGB, Zeszyt 110. 1967.
- [6] E.C. Mc KENZIE: Postęp w budowie młynów pierścieniowo-kulowych. Materiały na międzynarodową konferencję naukowo-techniczną "Przemiał węgla w elektrowniach". SEP - Warszawa 1967.
- [7] M. KRUPA: Analiza stosowanych obecnie młynów i ich układów w krajowych kotłach energetycznych na węgiel kamienny. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Gliwice 1967.
- [8] Normy rasczota i projektirowanija pyleprigotowitielnych ustanowok. Gosenergoizdat. Moskwa-Leningrad 1958.
- [9] Projekt techniczny mlyna MKM-33. Fabryka Palenisk Mechanicznych Mikołów 1965.
- [10] Projekt techniczny mlyna MKM-25. Fabryka Palenisk Mechanicznych Mikołów, 1969.
- [11] V.P. ROMADIN: Pyleprigotowlenije. Gosenergoizdat. Moskwa 1963.

**ВЫБОР ГЛАВНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ РАЗМЕРОВ ШАРОВЫХ СРЕДНОХОДНЫХ
МЕЛЬНИЦ ДЛЯ КРАЕВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УГЛИ**

Р е з ю м е

Основываясь на результатах исследований произведенных на прототипе шаровой среднеходной мельницы МКМ-33 и существующей уже литературы, в реферате представлены принципы подбора основных конструктивных размеров шаровых среднеходных мельниц к размолу каменного угля.

**THE CHOICE OF THE PRINCIPAL CONSTRUCTIONAL DIMENSIONS OF THE
CRUSH BALL-RACE MILLS FOR THE ENERGETIC HOME COALS**

S u m m a r y

On the base of the investigations of the ball-race mill МКМ-33 and the data published in the literature there are given the principles of the choice of the fundamentals dimensions of the crush ball-race mill for milling hard coal.