

Alojzy RYNCARZ

BADANIA WPLYWU SPOSOBU KRUSZENIA RUDY ZnPb
NA ENERGOCHŁONNOŚĆ MIELENIA KULOWEGO

Streszczenie. Wykazano, że zamiana wstępnego rozdrabniania zgniotowego na udarowe może obniżyć energochłonność mielenia kulowego rudy ZnPb o około 14%. Wysłuniętą tezę wyjaśniono licznymi badaniami wskazującymi na to, że wstępne udarowe kruszenie rudy ZnPb powoduje zwiększenie jej porowatości w porównaniu z uprzednim rozdrabnianiem zgniotowym. Stwierdzono, że w czasie mielenia w młynie kulowym zwiększa się gęstość piknometryczna i objętościowa rudy ZnPb. Potwierdzono tezę o podziale ziarn w czasie mielenia kulowego w miejscach por i szczelin.

1. WPROWADZENIE

Proces mielenia należy do najbardziej rozpowszechnionych w przemyśle operacji technologicznych. Mimo licznych zastosowań jest operacją do dziś nie zbadaną gruntownie. Dowodem mogą być wysokie koszty procesu, niska wydajność operacji technologicznych, nie pożądaną własności otrzymywanych produktów, jak zbyt miękki rozdrobnienie, niekorzystny kształt ziarn, nieodpowiedni skład ziarnowy itp.

W przeróbce kopalin stałych rozdrabnianie jest jednym z najbardziej kosztownych procesów, zarówno pod względem zużycia energii, jak i pod względem napraw części wymiennych. Tak np. przy wzbogacaniu rud metali nieżelaznych, nakłady na rozdrabnianie wynoszą 35-55% całkowitych kosztów własnych, a w magnetycznym wzbogacaniu hematytowo-magnetytowych i kwarcowo-magnetytowych rud żelaza w ZSRR, nakłady na kruszenie i mielenie sięgają 50-70% własnych kosztów [1].

W związku z tym prowadzi się na całym świecie szerokie badania nad pełnym opanowaniem, usprawnieniem i potaniem tej ważnej operacji przemysłowej.

Podobnie, jak w przypadku badań nad wielu innymi procesami technologicznymi, tak i w przypadku mielenia można wyodrębnić prace o charakterze teoretycznym i praktycznym.

Do pierwszej grupy można zaliczyć, między innymi, prace badawcze, związane ze zmniejszeniem zużycia energii w rozdrabnianiu.

Wysokie zużycie energii w rozdrabnianiu wynika z niskiej skuteczności energetycznej procesu. Dinter podaje [2], że w przypadku mielenia w młynie kulowym powyżej 99% podawanej energii zamienia się w ciepło i inne

formy energii. Jedynie 1%, a nawet mniej, zużywany jest na efektywną pracę.

Zużycie energii elektrycznej w procesie rozdrabniania zależy przede wszystkim od stopnia rozdrabniania i od wielkości nowo powstałego produktu. Wynika z tego, że w procesie mielenia jest większe zużycie energii, niż w kruszeniu. Jako przykład można podać rozdrabnianie wapienia o wstępnym uziarnieniu od 200 do 900 mm. Przy kruszeniu poniżej 200 mm zużyto 1 MJ/Mg energii, a już przy kruszeniu poniżej 60 mm zużycie energii wzrosło od 3,6-4,8 MJ/Mg. Aby uzyskać produkt mielenia poniżej 3 mm, zużywa się już 12,6 MJ/Mg, a dla uzyskania mączki wapiennej zużywa się 76-126 MJ/Mg [2].

W pracy [3] wykazano, że podział ziarn dolomitu w czasie mielenia w młynie kulowym następuje głównie w miejscach por i szczelin, oraz że im wyższą porowatością charakteryzuje się dolomit, tym niższe są potrzebne nakłady energetyczne na mielenie. Wykorzystując powyższe wyniki i ustalenia, postanowiono w pracy tej przeprowadzić analizę wpływu sposobu wstępnego kruszenia rudy cynkowo-olowiowej na jej porowatość oraz zużycie energii podczas mielenia w młynie kulowym.

2. SPOSÓB PROWADZENIA DOŚWIADCZEŃ

Do badań wybrano rudę z KGH "Bolesław", w której głównym składnikiem skały płonnej jest dolomit. Ruda ta, obok podstawowych składników użytecznych, jakimi są związki cynku, ołowiu i żelaza, zawiera w mniejszych ilościach minerały innych metali towarzyszących, zazwyczaj takich jak: kadm, srebro, miedź i inne. Metale występują w dwu rodzajach złóż: siarczkowych (rudy blendowe) i węglanowych (rudy galmanowe). Interesujące z punktu wzbogacania rudy blendowe zawierają około 4% sfalerytu, 1% galeny oraz 8% markazytu.

Próbkę rudy do badań pobrano po trzecim stadium kruszenia. Pierwsze trzy stadia rozdrabniania w KGH "Bolesław" odbywają się w kruszarkach szczękowych i stożkowych. Wstępne kruszenie rudy w celu przygotowania jej do badań mielenia, postanowiono przeprowadzić dwoma sposobami:

- zgniotowo, tj. w taki sposób, jak to się odbywa w KGH "Bolesław" oraz - uderowo, kiedy to szybkość oddziaływania siły niszczącej jest większa.

Materiał przeznaczony do badań podzielono na dwie części. Do kruszenia pierwszej części użyto kruszarki szczękowej o szczelinie paszczy wylotowej 10 mm oraz kruszarki walcowej o szczelinie 4 mm. Kruszenie drugiej części przeprowadzono w dużym dwutarczowym dezintegratorze oraz mniejszym z zamontowanym rusztem o szczelinie 4 mm.

Zużycie energii w czasie mielenia w młynie kulowym postanowiono mierzyć indeksem pracy Bonda. Badania mielenia prowadzono w laboratoryjnym młynku bębnowym, przeznaczonym do pracy okresowej o średnicy wewnętrznej 305 mm

i długości wewnętrznej 305 mm. Młynek załadowany był 46 kulami stalowymi o średnicy 35 mm, 71 kulami stalowymi o średnicy 25,3 mm oraz 20¹/₄ kulami stalowymi o średnicy 20,5 mm o łącznym ciężarze 20,18 kg. Prędkość obrotowa bębna mlyna była stała i wynosiła 50 min⁻¹. Młyn zawsze wypełniony był stałą objętością nadawy równą 700 cm³. Młyn w pierwszym doświadczeniu obracano 100 razy, następnie zatrzymywano i przesiewano produkt mielenia przez sito kontrolne równe 100 μm. Świeżą nadawę dodawano do nadziarna, w celu uzupełnienia do 700 cm³. Z kolei młyn obracany był określoną liczbę razy, potrzebną do osiągnięcia wymaganego obciążenia obiegowego. Doświadczenia prowadzono tak długo, aż ilość ziarna o wielkości poniżej sita kontrolnego była stała na jeden obrót bębna. Wielkość ta nazywana jest zdolnością przemiałową. Indeks pracy W_1 obliczono na podstawie wzoru zaproponowanego przez Bonda [4]:

$$W_1 = \frac{3,6 \cdot 44,5}{Y^{0,23} \cdot G^{0,82} \left(\frac{10}{P^{0,5}} - \frac{10}{N^{0,5}} \right)}, \quad (\text{MJ/Mg}),$$

gdzie:

Y - wielkość otworów w sicie kontrolnym (μm),
 G - średnia zdolność przemiałowa ostatnich trzech doświadczeń (g/obrót),
 P - wielkość otworów sita, przez które przechodzi 80% ziarna produktu (μm),
 N - wielkość otworów sita, przez które przechodzi 80% ziarna nadawy (μm).

Po każdym doświadczeniu mielenia wykonywano analizę granulometryczną produktu mielenia oraz oznaczano gęstość objętościową, gęstość piknometryczną i porowatość poszczególnych klas.

Oznaczenie gęstości objętościowej ρ_0 przeprowadzono metodą pierścienia. Do pierścienia metalowego, o średnicy wewnętrznej i wysokości 0,03 m, wsypano badany materiał, ugniatano go przez wstrząsanie i wyrównywano jego górną powierzchnię. Następnie pierścień wraz z materiałem był ważony z dokładnością do 0,0001 g.

Gęstość objętościową obliczano ze wzoru:

$$\rho_0 = \frac{(G_m + T_p) - T_p}{V_p}, \quad (\text{g/cm}^3),$$

gdzie:

G_m - masa próbki wsypanej do pierścienia, (g);

T_p - ciężar pierścienia, (g);

V_p - objętość pierścienia, (cm³).

Wyznaczenie gęstości ρ_p prowadzono za pomocą piknometrów o pojemności około 25 i 50 ml. Do oznaczeń użyto metanol, ponieważ w wodzie destylowanej drobne klasy ziarnowe rudy ulegały autoflotacji. Czyste, przemyte wodą destylowaną, wyprażone w temperaturze 105-110°C i ostudzone, ważono z dokładnością do 0,0001 g. Następnie do każdego piknomtru wlewano metanol i ponownie ważono z tą samą dokładnością. Po ponownym wypłukaniu wodą destylowaną i wysuszeniu do piknomtru wsypywano materiał i ponownie ważono z dokładnością do 0,0001 g. Kolejno wlewano do piknomtru metanol, odpowietrzano przez wstrząsanie i mieszanie, uzupełniano metanol, zatykano doszlifowanym korkiem z kapilarą i doszlifowanym wieczkiem, zapobiegającym szybkiemu parowaniu metanolu oraz ustalano stałą temperaturę. Tak przygotowane piknometry ponownie ważono z dokładnością do 0,0001 g. Gęstość piknometryczną obliczano ze wzoru:

$$\rho_p = \frac{m_2 - m_1}{(m_2 - m_1) - (m_4 - m_3)} \cdot \rho_m \quad (\text{g/cm}^3),$$

gdzie:

- m_1 - masa piknomtru wysuszonego do stałej masy (g),
- m_2 - masa piknomtru napełnionego metanolem (g),
- m_3 - masa piknomtru wysuszonego do stałej masy z badanym materiałem (g),
- m_4 - masa piknomtru z materiałem i metanolem (g),
- ρ_m - gęstość metanolu (g/cm³).

Gęstość rzeczywista ρ_{rz} jest to gęstość piknometryczna ρ_p , wyznaczona dla klasy ziarnowej 0,06-0 mm. Porowatość ogólną wyliczano ze wzoru

$$P = \frac{\rho_{rz} - \rho_0}{\rho_{rz}} \cdot 100 \quad (\%).$$

3. WYNIKI BADAŃ I ICH OMÓWIENIE

Badania przeprowadzono dla stałej wielkości otworów w sicie kontrolnym równym 0,1 mm oraz stałego, symulowanego zawrotu z klasyfikatorem, równego 250%. Wyniki doświadczeń mielenia wraz z obliczeniami indeksów pracy zamieszczono w tabelicy 1. Widać, że ruda ZnPb, wstępnie rozdrabniana udarowo, charakteryzuje się wyższą zdolnością przemiałową od rudy ZnPb, wstępnie kruszonej zgniotowo. Indeks pracy rudy ZnPb wstępnie rozdrabnianej udarowo jest niższy i wynosi ponad 100 MJ/Mg, a rudy ZnPb wstępnie kruszonej zgniotowo prawie 117 MJ/Mg.

Przed mieleniem oraz po każdym mieleniu, w poszczególnych klasach ziarnowych wyznaczano gęstość piknometryczną oraz gęstość objętościową.

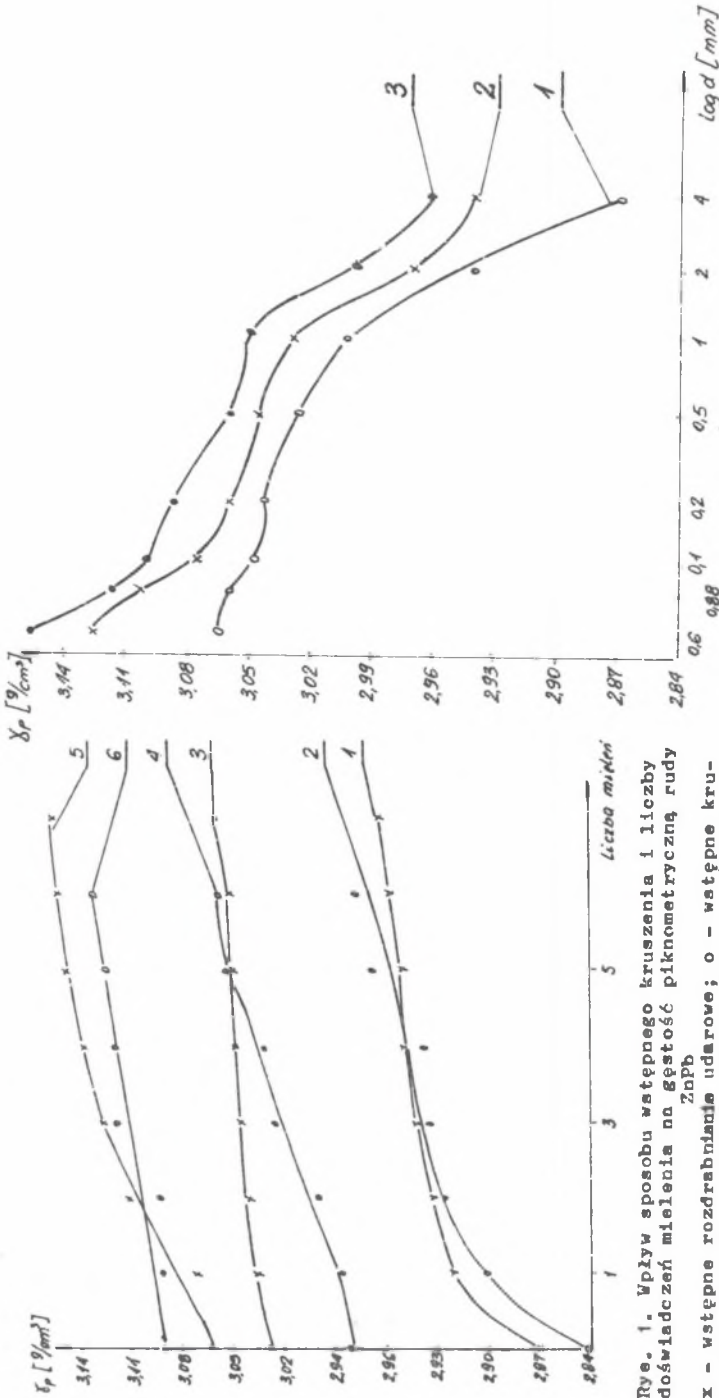
Tablica 1

Wyniki mielenia rudy ZnPb wraz z obliczeniem indeksów pracy

Nr doświad- czenia	Rozdrabnianie zgniotowe		Rozdrabnianie udarowe	
	Liczba obrotów	Ciężar pr. mielenia $\frac{1 \text{ obr. młyn}}{1 \text{ obr. młyn}}$ (g)	Liczba obrotów	Ciężar pr. mielenia $\frac{1 \text{ obrót mł.}}{1 \text{ obrót mł.}}$ (g)
1	100	2,47	100	2,71
2	1672	2,22	1536	2,56
3	3425	2,09	3267	2,45
4	3914	1,94	3721	2,31
5	4231	1,70	4092	2,10
6	4308	1,65	4176	2,04
7	4389	1,63	4252	2,01
Średnia zdolność przełm. (g/obrót)	1,66		2,05	
Indeks pracy (MJ/Mg)	116,89		100,54	

Pomiary gęstości prowadzono dwukrotnie, a podane wyniki są średnimi arytmetycznymi. Na rys. 1 podano część wyników gęstości piknometrycznej uzyskanych dla rudy ZnPb wstępnie rozdrabnianej udarowo i zgniotowo. Wszystkich wyników nie zamieszczano, aby utrzymać przejrzystość wykresów. Należy jednak podkreślić, że wyniki pozostałe, uzyskane dla klas ziarnowych 2-1; 1-0,5; 0,2-0,1; 0,1-0,088 i 0,088-0,06 mm, mają podobny kształt i przebieg do zamieszczonych. Z rysunku tego widać, że gęstość piknometryczna zawsze rośnie wraz z liczbą przeprowadzonych doświadczeń mielenia. Najwyższe zmiany obserwuje się po pierwszych dwóch, trzech doświadczeniach. Po ostatnich doświadczeniach mielenia zmiany gęstości piknometrycznej są nieznaoczne. W początkowych okresach mielenia gęstość piknometryczna rudy ZnPb wstępnie rozdrabnianej udarowo, jest wyższa od gęstości piknometrycznej rudy ZnPb wstępnie kruszonej zgniotowo. Zależność powyższa jest odwrotna po ostatnich doświadczeniach mielenia.

Na rys. 2 zamieszczono wyniki gęstości piknometrycznej rudy ZnPb wstępnie rozdrabnianej udarowo w zależności od wielkości ziarn przed mieleniem oraz po III i VI mieleniu. Widać, że gęstość piknometryczna zawsze maleje wraz ze wzrostem wielkości ziarn. W tym przypadku również nie zamieszczono wszystkich uzyskanych wyników dla utrzymania przejrzystości rysunku. Dla pozostałych klas ziarnowych, jak również rudy ZnPb wstępnie rozdrabnianej zgniotowo, uzyskane wyniki mają podobny kształt i przebieg do zamieszczonych.



rys. 1. Wpływ sposobu wstępnego kruszenia i liczby doświadczeń mielenia na gęstość piknometryczną rudy ZnPb

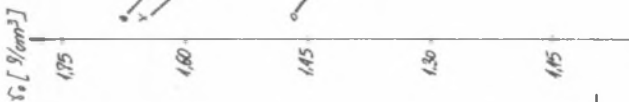
x - wstępne rozdrabnianie udarowe; 0 - wstępne kruszenie zgniotowe; 1 i 2 - klasa ziarnowa 4-2 mm; 3 i 4 - klasa ziarnowa 0,5-0,2 mm; 5 i 6 klasa ziarnowa - 0,06 mm

rys. 2. Wpływ wielkości ziarna na wartość gęstości piknometrycznej rudy ZnPb wstępnie kruszonej udarowo

1 - przed mieleniem; 2 - po III mieleniu; 3 - po VI mieleniu

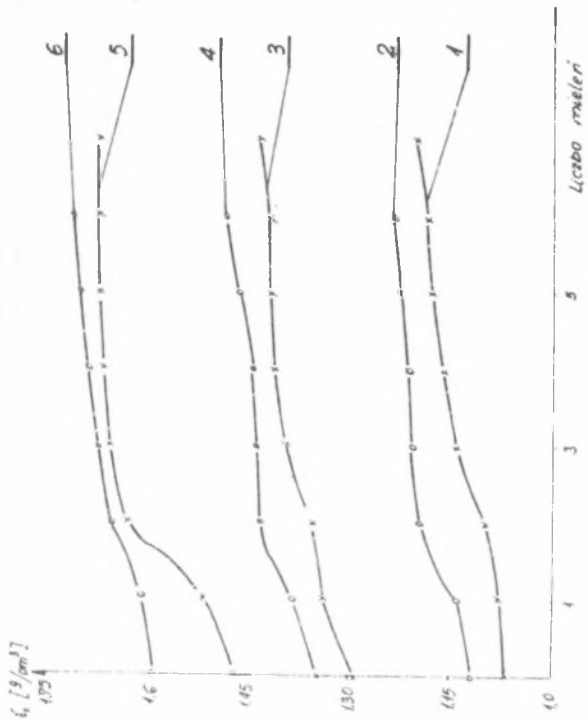
Fig. 2. The influence of the grain size upon the value of the pycnometric density of ZnPb ore, preliminarily crushed by percussion

1 - before crushing; 2 - after the 3rd milling; 3 - after the 6th milling



Rys. 4. Wpływ wielkości ziarn na wartość gęstości objętościowej rudy ZnPb wstępnie kruszonej udarowo
1 - przed mieleniem; 2 - po III mieleniu; 3 - po VI mieleniu

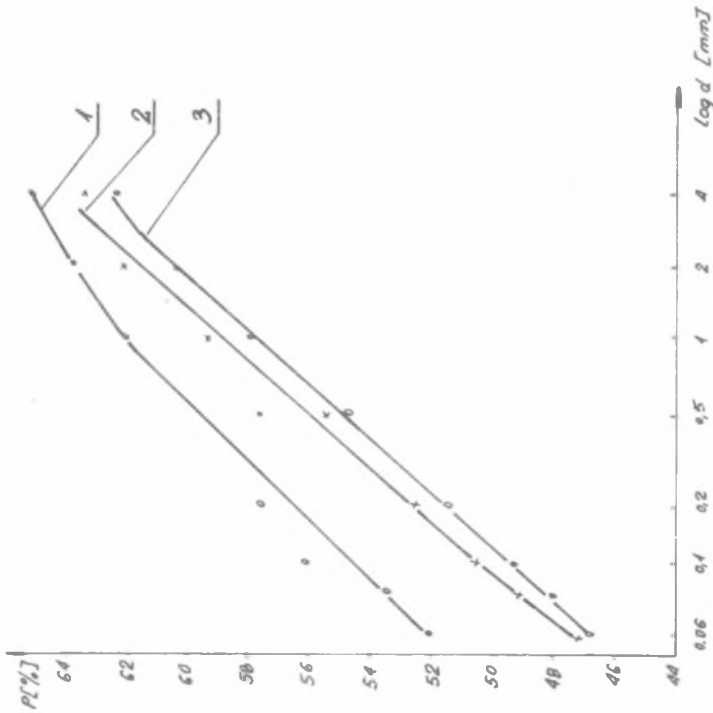
Fig. 4. The influence of the grain size upon the value of the volumetric density of ZnPb ore, preliminary crushed by percussion
1 - before crushing; 2 - after the 3rd milling; 3 - after the 6th milling



Rys. 3. Wpływ sposobu wstępnego kruszenia i liczby doświadczeń mielenia na gęstość objętościową rudy ZnPb

x - wstępne rozdrabnianie udarowe; o - wstępne kruszenie żgniotowe; 1 i 2 - klasa ziarnowa 4-2 mm; 3 i 4 - klasa ziarnowa 0,5-0,2 mm; 5 i 6 - klasa ziarnowa - 0,06 mm

Fig. 3. The influence of the way of preliminary crushing and the number of milling tests on the volumetric density of ZnPb ore
x - preliminary crushing by percussion; o - preliminary crushing by squashing; 1 and 2 - grain size 4-2 mm; 3 and 4 - grain size 0,5-0,2 mm; 5 and 6 - grain size - 0,06 mm

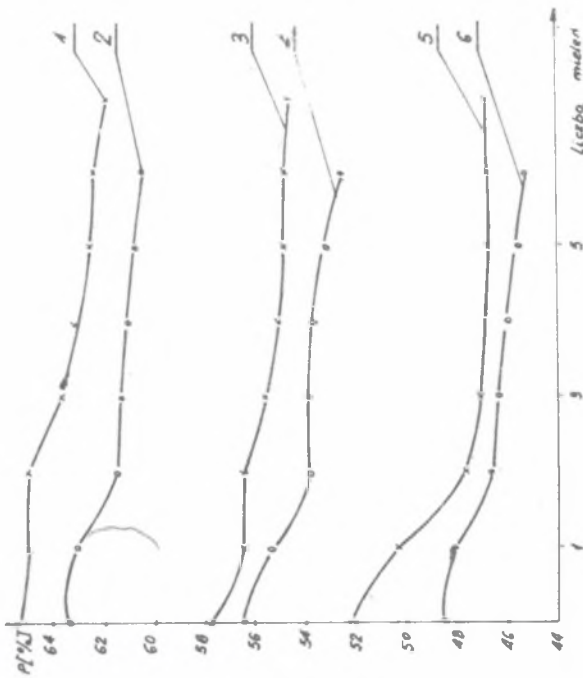


Rys. 6. Wpływ wielkości ziarna na wartość porowatości rudy ZnPb wstępnie kruszonej udarowo

1 - przed mieleniem; 2 - po III mieleniu; 3 - po VI mieleniu

Fig. 6. The influence of the grain size upon the value of the porosity of ZnPb ore, preliminarily crushed by percussion

1 - before crushing; 2 - after the 3rd milling; 3 - after the 6th milling



Rys. 5. Wpływ sposobu wstępnego kruszenia i liczby doświadczeń mielenia na porowatość rudy ZnPb

x - wstępne rozdrabnianie udarowe; o - wstępne kruszenie zgniotowe; 1-2 klasa ziarnowa 4-2 mm; 3 i 4 - klasa ziarnowa 0,5-0,2 mm; 5 i 6 - klasa ziarnowa - 0,06 mm

Fig. 5. The influence of the way of preliminary crushing and the number of milling tests on the porosity of ZnPb ore

x - Preliminary crushing by percussion; o - preliminary crushing by squashing; 1 and 2 grain size 4-2 mm; 3 and 4 - grain size 0,5-0,2 mm; 5 and 6 - grain size - 0,06 mm

Wyniki badań gęstości objętościowej dla rudy ZnPb wstępnie rozdrabnianej udarowo i zgniotowo, w zależności od liczby mieleń oraz wielkości ziarn, podano na rys. 3 i 4. Uzyskane zależności są podobne, jak dla gęstości piknometrycznej. Jedyna różnica jest taka, że gęstość objętościowa rudy ZnPb wstępnie rozdrabnianej zgniotowo jest w całym zakresie badań wyższa od gęstości objętościowej rudy wstępnie kruszonej udarowo. Z powodów tych co wyżej na tych rysunkach, zamieszczone również tylko część uzyskanych wyników badań.

Obliczone wartości porowatości rudy ZnPb wstępnie rozdrabnianej zgniotowo oraz uprzednio kruszonej udarowo, przedstawiono na rys. 5 i 6. Widać, że największą porowatość ruda posiada przed mieleniem oraz klasy ziarnowe o największych wymiarach. Po pierwszych dwóch, trzech doświadczeniach mielenia obserwujemy najwyższe obniżenie porowatości. W ostatnich dwóch, trzech doświadczeniach porowatość prawie się nie zmienia. W doświadczeniach tych ilość nowopowstałego produktu na jeden obrót bębna młynna również ustalona jest na stałym poziomie. Porównując porowatość rudy ZnPb uprzednio rozdrabnianej zgniotowo, z porowatością rudy ZnPb wstępnie kruszonej udarowo widać, że przed mieleniem wyższą porowatością charakteryzuje się ruda rozdrabniana w dezyntegratorach. Po kolejnych doświadczeniach mielenia powyższa zależność utrzymuje się.

Indeks pracy dla mielenia kulowego rudy ZnPb uprzednio rozdrabnianej zgniotowo jest wyższy i wynosi 116,89 MJ/Mg od rudy wstępnie kruszonej udarowo, który jest równy 100,54 MJ/Mg. Można więc powiedzieć, że do mielenia kulowego rudy ZnPb rozdrabnianej uprzednio zgniotowo, potrzeba więcej energii o 16,35 MJ/Mg. Wydaje się, że niższa porowatość może być tego przyczyną. Ruda ZnPb wstępnie rozdrabniana udarowo ma wyższą porowatość, a więc w swojej strukturze posiada więcej wolnej przestrzeni i do jej mielenia w młynie kulowym potrzeba mniejszych nakładów energetycznych.

Jeżeli założymy, że wytrzymałość ziarn rudy ZnPb na uderzenie i zgniatanie jest najniższa w miejscach pustych, takich jak pory, to możemy powiedzieć, że podział ziarn w procesie mielenia kulowego zachodzi głównie w omawianych miejscach. Potwierdzają to uzyskane wyniki badań, w których wraz z czasem mielenia zmniejsza się porowatość poszczególnych klas ziarnowych, czyli że podział ich następuje głównie poprzez te pory.

W związku z powyższym, sposób przygotowania rudy do mielenia jest bardzo istotnym czynnikiem wpływającym na jej mielenie w młynie kulowym. Wydaje się, że do zakresu drobnego rozdrabniania kopalin, które przygotowuje nadawę do mielenia w młynach kulowych, należy dobrać kruszarki powodujące duże ilości pęknięć. Bardziej użytecznymi będą tutaj maszyny działające przez uderzanie w ziarna z dużą prędkością od działających wolno, np. przez zgniatanie.

Ruda ZnPb w KGH "Bolesław" przygotowywana jest do mielenia w młynach kulowych, w kruszarkach szczękowych i kruszarkach stożkowych, a więc dzia-

iających na ziarna głównie zgniotowo. Zamiana tych kruszarek na takie, w których główną siłą niszczącą jest uderzanie elementów wirujących o ziarna, zmniejszałaby energochłonność procesu mielenia o około 14%.

Grzelak [5], analizując dane techniczne krajowych kruszarek podaje, że przepustowość kruszarki szczękowej typu 40.17 wynosi 35-90 m³/h przy mocy silnika 70 kW, kruszarki stożkowej typu 40.92 30-100 t/h dla silnika o mocy 72 kW, natomiast kruszarki młotkowej dwuwirnikowej typu 41.98 o mocy silnika 60 kW 60-120 t/h.

Z powyższego zestawienia widać, że przy podobnej mocy zainstalowanej w kruszarkach szczękowej, stożkowej i młotkowej uzyskuje się porównywalną ich przepustowość. Wydaje się, że obniżenie energochłonności mielenia rudy ZnPb przez zastosowanie kruszenia udarowego w miejsce zgniotowego, nie odbędzie się kosztem zwiększenia zużycia energii na kruszenie.

Uzyskane wyniki są zgodne z osiągnięciami nauki o rozdrabnianiu. Już wcześniej potwierdzono badaniami, że wytrzymałość ziarn wzrasta wraz ze zmniejszaniem się ich wymiarów.

Udowodniono to dla szerokiego zakresu wielkości ziarn, tak dla rozdrabniania udarowego jak i kruszenia zgniotowego [6]. Na podstawie przeprowadzonych doświadczeń w tej pracy należy dodać, że ziarna niewielkie posiadają w swojej strukturze mniej por i szczelin, a więc wraz ze zmniejszaniem się ich wielkości zmniejsza się także liczba defektów strukturalnych. Przeprowadzone badania kruszenia i mielenia rudy ZnPb są również zgodne z doświadczeniami rozdrabniania kwarou Rumpfa [6]. Stwierdził on, że w rozdrabnianiu kwarou udarem wychód energii jest mniejszy, niż przy kruszeniu zgniotowym. Wyjaśnił to innymi dynamicznymi polami naprężeń.

4. WNIOSKI

Przeprowadzone badania laboratoryjne mielenia w młynku kulowym, oznaczenia gęstości oraz obliczania porowatości rudy ZnPb, pozwalają na sformułowanie następujących wniosków.

1. Stwierdzono, że energochłonność mielenia w młynie kulowym rudy ZnPb wstępnie rozdrabnianej zgniotowo jest o około 14% wyższa w porównaniu z mieleniem rudy uprzednio kruszonej udarowo.

2. Wykazano, że wstępne udarowe kruszenie rudy ZnPb powoduje zwiększenie się jej porowatości w porównaniu z uprzednim rozdrabnianiem zgniotowym.

3. Udowodniono, że porowatość mielonej rudy ZnPb zmniejszała się wraz z czasem mielenia oraz wraz ze zmniejszaniem się wymiarów ziarn młewa,

4. Stwierdzono, że w czasie mielenia w młynie kulowym zwiększa się gęstość piknometryczna i objętościowa rudy ZnPb.

5. Wykazano, że w czasie mielenia porcjowego symulującego rozdrabnianie w obiegu zamkniętym z klasyfikatorem, porowatość mielonego materiału usta-

ła się na stałym poziomie wraz z ustaleniem się ilości nowo powstałego produktu na jeden obrót bębna młynna.

6. Potwierdzono tezę, że podział ziarn w czasie mielenia następuje głównie w miejscach por i szczelin.

LITERATURA

- [1] Sergo E.E., Popow F.U. i inni: Puti powyszenija efektiwnosti podgotowki magnetitowych rud k obogaszczeniju. Izdatelskoje obedinenije "Wiszoza szkoła", Kijew, 1977.
- [2] Dinter O.: Drceni a mleti nerostnych surowin. SNTL - Nakladatelstwi technicke literatury, Praha, 1984.
- [3] Ryncarz A.: Badania wpływu porowatości dolomitu na rozdrabnianie w mły- nie kulowym. Rudy i Metale Nieżelazne, nr 6, 1988.
- [4] Bond F.C.: New ideas clarity grinding principles. Chemical Engineering, No 5, 1962.
- [5] Grzelak E.: Maszyny i urządzenia do przeróbki mechanicznej surowców mineralnych. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1975.
- [6] Rumpf H.: Nutzen und Fortschritt der Zerkleinerungswissenschaft. Berg und Huttenmann, Monatsch, 117, nr 12, 1972.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МЕТОДА ДРОБЛЕНИЯ РУДЫ ZnPb НА ЭНЕРГОЕМКОСТЬ РАЗМАЛЫВАНИЯ В ШАРОВОЙ МЕЛЬНИЦЕ

Р е з ю м е

В работе показано, что замена вступительного дробления при помощи раздавливания на ударное может понизить энергоемкость дробления в шаровой мельнице руды ZnPb на 14%. Предложенный тезис объяснен многочисленными исследованиями, которые показывают, что вступительное ударное дробление руды ZnPb приводит к повышению ее пористости по сравнению с предварительным дроблением при помощи раздавливания.

Подтверждено, что во время размалывания в шаровой мельнице повышается пикнометрическая и объемная плотность руды.

Подтвержден тезис о разделе зерен во время размалывания в шаровой мельнице в местах пор и трещин.

INVESTIGATIONS CONCERNING THE INFLUENCE OF THE WAY OF CRUSHING ZnPb ORE UPON THE ENERGY CONSUMPTION IN THE CASE OF BALL GRINDING

S u m m a r y

It has been shown that a change from squashing to percussive crushing may reduce the energy consumption when ball grinding of ZnPb ore is applied by about 14%. The suggested assumption has been illustrated by numerous

tests indicating that preliminary crushing by impact (percussion) leads to an increase of the porosity of ZnPb ore, if compared with the preceding crushing by means of squashing.

It has been found that while ZnPb ore is being crushed in a ball mill its pycnometric and volumetric density grows.

The assumption of the partition of grains in the course of milling takes place at their pores and fissures.