ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1987

Seria: GÓRNICTWO z. 160 Nr kol. 926

Alojzy RYNGARZ

BADANIE WPŁYWU ILOŚCI ZAWROTU NA WYDAJNOŚĆ MŁYNA KULOWEGO

Streszczenie. W przeszłości wykazano, że wydajność układu młyn-klasyfikator zależy głównie od ilości cyrkulującego zawrotu. Optymalna ilość zawrotu dotychczas jest wyznaczana doświadczalnie w stoisku badawczym młyn-klasyfikator.

Eksperymenty w takim stoisku należą do trudnych, czasochłonnych i kosztownych. Zaproponowano nowy sposób doświadczalnego analizowania pracy układu młyn kulowy-klasyfikator na podstawie badania mielenia porcjowego z okresowym odsiewaniem gotowego produktu. Do badań użyto rudy miedzi z KG "Lublin" w Lublinie. Wykazano, że średnia zdolność przemiałowa mierzona ilością nowo powstałego produktu mielenia na jeden obrót bębna młyna, początkowo wraz ze wzrostem zawrotu do 250% rośnie od 0,82 g/obrót do 4,65 g/obrót, a następnie dla zawrotu 350% maleje do wartości 3,53 g/obrót.

Wartość indeksu pracy najwyższa była dla mielenia bez cyrkulacyjnej nadawy i wynosiła 106 MJ/Mg, a najniższa dla 250% zawrotu - 24 MJ/Mg. Podatność na mielenie kopaliny jest tym większa, im niższym charakteryzuje się indeksem pracy. Stwierdzono, że optymalnym zawrotem, dla którego wydajność młyna była maksymalna, jest zawrót równy 250% nadawy.

1. Wprowadzenie

Młyny bębnowe takie, jak: kulowe, prętowe, samomielące i inne, w zakładach przemysłowych mogą pracować w otwartym, zamkniętym, lub częściowo zamkniętym schemacie rozdrabniania.

W schemacie otwartym mielony materiał przechodzi przez maszynę rozdrabniającą tylko jeden raz. Z takimi schematami rozdrabniania spotykamy się głównie podczas mielenia w młynach prętowych [1]. Produkty takiego mielenia stanowią najczęściej nadawę do wzbogacania grawitacyjnego lub magnetycznego.

W schematach zamkniętego rozdrabniania mielony materiał kierowany jest z młyna do klasyfikatora, gdzie jest dzielony na dwa produkty: przelew i piaski. Przelew jako gotowy produkt mielenia stanowi nadawę do wzbogacania, natomiast piaski są zawracane do młyna wielokrotnie tak długo, aż będą posiadały uziarnienie produktu. W ustalonych warunkach zamkniętego schematu ilość zawracanych piasków jest stała i nazywana jest zawrotem lub cyrkulującą nadawą. W takich schematach pracują głównie młyny kulowe rozdrabniające na mokro [2].

W schematach częściowo zamkniętego rozdrabniania wydzielane w klasyfikatorze piaski tylko w części zawracane są do młyna. Pozostała ich część

kierowana jest bezpośrednio do drugiego stadium mielenia. Niekiedy spotykamy się również z przypadkami takimi, że surowa nadawa o dużej ilości gotowego produktu, najpierw kierowana jest do klasyfikatora. Do tego samego klasyfikatora podawany jest wtedy również produkt mielenia.

W przeszłości wykazano [3, 4], że wydajność układu młyn-klasyfikator zależy głównie od ilości cyrkulującego zawrotu. Ilość zawrotu może być tak dobrana, aby wydajność młyna osiągała maksimum. Praca młyna w tym optymalnym zakresie jest ważna, przede wszystkim ze względu na bardzo wysokie koszty procesu mielenia. Olewski [4] podaje, że ilość optymalnego zawrotu zależy głównie od uziarnienia produktu mielenia oraz, może być wyznaczona doświadczalnie w stoisku badawczym młyn-klasyfikator. Badania w takim układzie należą do trudnych, czasochłonnych i kosztownych. Dlatego w pracy tej podjęto próbę określenia optymalnej ilości cyrkulującego zawrotu w układzie młyn-klasyfikator, na podstawie prób laboratoryjnego mielenia porcjowego, z okresowym odsiewaniem gotowego produktu.

W literaturze [5] można znaleźć opisy kilku metod badawczych mielenia porcjowego symulującego mielenie w układzie zamkniętym z klasyfikatorem. W pracy tej postanowiono skorzystać ze sposobu zaproponowanego przez Bonda [6] do określania podatności ciał stałych na rozdrabnianie tzw. indeksem pracy.

3. Sposób prowadzenia doświadczeń

Do doświadczeń użyto próbki rudy miedzi pochodzącej ze złoża Lubińsko-Sieroszowickiego monokliny przedsudeckiej i pobrano ją w KG "Lublin" w Lublinie. Ruda miedzi w tym złożu zalega w dolnym cechsztynie i schodzi do czerwonego spągowca. Miedź występuje w osadach: w spągu piaskowce, gdzie przeważa chalkozyn, idąc ku górze w łupkach głównie występuje bornit, a przy stropie w wapieniach dolomitycznych przeważa chalkopiryt. Próbka została pobrana z nadawy do młyna kulowego pierwszego stadium mielenia.

Badania mielenia porcjowego 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 204 kulami stalowymi o średnicy 20,5 mm, o łącznym ciężarze 20,18 kg. Prędkość obrotowa bębna młyna była stała i wynosiła 50 min^{-1}. Młyn zawsze wypełniony był stałą objętością nadawy równą 700 cm^3. Młyn w pierwszym doświadczeniu obracano 100 razy, następnie zatrzymywano i przesiewano produkt mielenia przez sito kontrolne.

Świeżą nadawę dodawano do nadziarna, w celu uzupełnienia do 700 cm^3. Z kolei młyn obracany był określoną liczbę razy, potrzebną do osiągnięcia założonego zawrotu cyrkulacyjnego.

Doświadczenia prowadzono tak długo, aż ilość ziarn o wielkości poniżej sita kontrolnego była stała na jeden obrót bębna. Wielkość ta nazywana jest zdolnością przemiałową. Indeks pracy W_i obliczano na podstawie wzoru zaproponowanego przez Bonda [6]:

$$W_i = \frac{3.6 \cdot 44.5}{y^{0,23} \cdot G^{0,82} \left(\frac{10}{P^{0,5}} - \frac{10}{F^{0,5}}\right)} \quad (MJ/Mg)$$

gdzie:

y - wielkość otworów w sicie kontrolnym (um),
G - średnia zdolność przemiałowa ostatnich trzech doświadczeń (g/obrót),
P - wielkość otworów sita, przez które przechodzi 80% ziarn produktu (um),
F - wielkość otworów sita, przez które przechodzi 80% ziarn nadawy (um).

Po ostatnim doświadczeniu wykonywano analizę granulometryczną produktu mielenia.

3. Wyniki badań i ich omówienie

W tablicy 1 zamieszczono najważniejsze wyniki przeprowadzonych badań. Widać, że wraz ze wzrostem ilości symulowanego zawrotu od 0 do 350% zmieniają się wartości średniej zdolności przemiałowej oraz indeksu pracy. Średnia zdolność przemiałowa mierzona ilością nowo powstałego produktu mielenia na jeden obrót bębna młyna, początkowo wraz ze wzrostem zawrotu do 250% rośnie od 0,82 g/obrót do 4,65 g/obrót, a następnie dla zawrotu 350% przyjmuje wartość 3,53 g/obrót. Wartość indeksu pracy jest najwyższa i wynosi ponad 106 MJ/Mg dla mielenia bez cyrkulującej nadawy. Ze wzrostem ilości zawrotu do 250% indeks pracy maleje do ponad 24 MJ/Mg. W całym przedziale przeprowadzonych doświadczeń wielkość otworów sita, przez które przechodzi 80% ziarn produktu, zmienia się w niewielkim zakresie od 132 um dla 150% zawrotu do 162 um dla mielenia bez zawrotu.

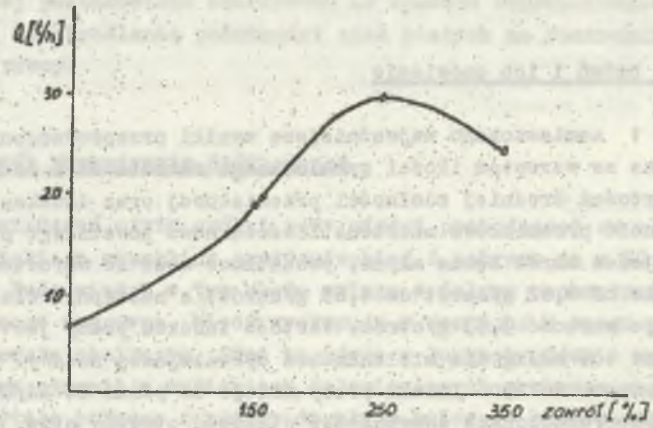
W Instytucie Przeróbki Kopalin Politechniki Śląskiej opracowano i zweryfikowano metodę określania wydajności młynów przemysłowych na podstawie wyznaczonego indeksu pracy. W jednej z prac [7] wykazano, że wydajność młyna może być obliczona z ilorazu mocy silnika zainstalowanego w młynie oraz zapotrzebowania na moc do zmielenia 1 t materiału poniżej wielkości otworów w sicie kontrolnym.

Na rysunku 1 zamieszczono wyniki obliczonych wydajności młyna kulowego na podstawie wyznaczonych indeksów pracy dla różnych wielkości symulowanego zawrotu. Założono, że moc silnika zainstalowanego w młynie wynosi 200 kW.

Tablica 1

Wpływ ilości zawrotu z klasyfikatora do młyna kulowego na wartość indeksu pracy rudy miedzi

Ilość zawrotu (%)	Wielkość 80% ziarn		Średnia zdolność przemiał. (g/obrót)	Indeks pracy (MJ/Mg)
	nadawy P (um)	produktu mielenia P (um)		
0	1430	162	0,82	106,77
150	1430	132	2,37	38,53
250	1430	151	4,65	24,42
350	1430	145	3,53	29,75



Rys. 1. Wpływ ilości zawrotu z klasyfikatora do młyna kulowego na wydajność młyna rozdrabniającego rudę miedzi z silnikiem napędowym o mocy 200 kW

Fig. 1. Effect of the amount of circulating load from classifier to ball mill on the capacity of the mill grinding copper ore and run by AC driving motor of 200 kW power.

Z rysunku 1 widać, że wydajność młyna rośnie od ponad 6 t/h do prawie 30 t/h wraz ze wzrostem ilości zawrotu od 0 do 250%. Wraz z dalszym wzrostem ilości zawrotu wydajność młyna ponownie maleje. Można zauważyć, że istnieje taki optymalny zawrót, dla którego wydajność młyna jest maksymalna. W pracy nie stawiano sobie zadania dokładnego wyznaczenia tego zawrotu, można jednak stwierdzić, że wynosi on około 250%.

Uzyskane wyniki pozwalają również zauważyć, że badania mielenia porcjowego z okresowym odsiewaniem gotowego produktu sposobem Bonda, mogą służyć do wyznaczania optymalnej ilości cyrkulującego zawrotu. Stosowanie zaproponowanej metody może w omawianym zakresie wyeliminować drogie i czasochłonne doświadczenia w układzie młyn-klasyfikator.

4. Wnioski

Przeprowadzone badania laboratoryjne mielenia rudy miedzi w młynie kulowym oraz analizy uzyskanych wyników, pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Stwierdzono, że badania mielenia porcjowego w młynie kulowym z okresowym odsiewaniem gotowego produktu mogą w pewnych przypadkach zastępować doświadczenia w układzie młyn-klasyfikator.

2. Wykazano, że istnieje optymalna ilość zawracanych piasków z klasyfikatora do młyna, dla której wydajność młyna kulowego jest maksymalna.

LITERATURA

[1] Sergo E.E.: Droblenije, izmelczenije i grochoczenije poleznych iskopajemnych. Nedra, Moskwa 1985.

[2] Sprawocznik po obogaszczeniju rud. T.I. Podgotowitelnyje procesy. Nedra, Moskwa 1972.

[3] Jasjukiewicz S.M.: Obogaszczenije rud. Metalurgizdat, Moskwa 1947.

[4] Olewskij W.A.: Opredelenije najwygodnejszego reżima szarowoj mełnicy s pomoszczju nomogramy. Obogaszczenije Rud, Nr 3, 1968.

[5] Sprawocznik po obogaszczeniju rud. Podgotowitelnyje procesy. Nedra, Moskwa 1982.

[6] Bond F.C.: New ideas clarity grinding principles. Chemical Engineenering, No 5, 1962.

[7] Rynczarz A., Stobierski A.: Indeks pracy Bonda a wydajność młynów przemysłowych. Rudy i Metale Nieżelazne, Nr 12, 1981.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Olbracht ZBRANIDORSKI

Wpłynęło do Redakcji w lutym 1987 r.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ОДНОЙ ДОЗЫ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТРУДА ШАРОВОЙ МЕЛЬНИЦЫ

Р е з ю м е

В прошлом было доказано, что производительность системы мельница-классификатор зависит главным образом от количества циркуляции одной дозы.

Оптимальная величина одной дозы до сих пор определяется экспериментальным путем на лабораторном стенде мельница - классификатор.

Эксперименты на таком стенде относятся к категории трудных, занимают много времени и имеют большую стоимость. В связи с этим предложен новый способ экспериментального анализа работы системы шаровая мельница-классификатор, на основе исследования порционного меления с частичными отсевом готового продукта. Для исследований была применена руда меди из шахты "Лубин" в Лубине. Определено, что средняя возможность меления, измеряемая количеством вновь возникшего продукта помола относительного одного оборота барабана мельницы, вначале увеличивается с ростом дозировки од 250% од 0,82 г/обор до 4,65 г/обор, а затем уменьшается и для дозировки в 350% составляет 3,53 г/обор.

Величина указателя работы была самой высокой для меления без циркулирующего садива и достигала 106 мдж/мг. Податливость к мелению ископаемых тем выше, чем ниже указатель работы.

Утверждено, что оптимальной дозировкой, для которого производительность мельницы была максимальной является дозировка в 250% садива.

THE ANALYSIS OF THE EFFECT OF THE AMOUNT OF CIRCULATING LOAD ON THE BALL MILL CAPACITY

S u m m a r y

It was shown in the part that the capacity of the arrangement mill-classifier depended mainly on the amount of circulating load. The optimal amount of circulating load has been so far determined experimentally in the laboratory scale installation mill-classifier.

Experiments in such a installation are difficult, time - consuming and expensive. The new way of experimental analysis of ball mill-classifier arrangement work has been proposed on the basis of testing partial grinding with periodical screening of ready product. For testing copper ore from "Lubin" copper mine has been use. It has been shown that the average grindability measured by the amount of newly formed ground product pew one rotarion of the mill barrel at first with the recicling load growth to 250% grows from 0,82 g per rotation to 4,65 g per rotation and than for recicling load of 350% decreases to the amount of 3,53 g per rotation.

The value of work index is the highes for grinding without circulating feed and amounts to 106 MJ/Mg and the lowest for 250% corculating

load to 24 MJ/Mg. The lower work index is the higher flexibility of mineral grinding is. It has been stated that the optimal mill capacity has been maximal when the circulating load equals to 250% of feed.