

Aleksy RYNCARZ

**BADANIA NAD ZDOLNOŚCIĄ PRZEMIAŁOWĄ
KRAJOWEJ RUDY MAGNETYTOWO-ILMENITOWEJ**

Streszczenie. Określono podatność na mielenie krajowej rudy magnetytowo-ilmenitowej metodą indeksu pracy Bonda. Porównano nakłady energetyczne potrzebne do mielenia oraz surowca młynników w młynku kulowym krajowej rudy z rudami magnetytowymi, pochodzącymi ze sztaf szwedzkich oraz radsieckich. Stwierdzono, że mielenie krajowej rudy jest technicznie trudniejsze i będzie wymagało wyższych kosztów.

1. Wprowadzenie

Nieprzerwany w świecie wzrost zapotrzebowania na surowce, a zwłaszcza żelazo, prowadzi do projektowania i budowy zakładów przerobowych o coraz większej wydajności. Eksploatowane są również coraz uboższe złoża. Potrzeby odnośnie do wysokiej jakości koncentratów powodują ciągle obniżanie się wielkości siarn wzbogacanych. Zachodzi w związku z tym konieczność głębszego (bardziej mialkiego) rozdrabniania oraz to większych ilości rud.

Analiza kosztów wzbogacania rud żelaza w Krzyweckim Zagłębiu wskazuje, że koszty mielenia dwa do trzech razy przewyższają koszty kruszenia i stanowią 50-60% kosztów całej ich przeróbki. W przypadku gdy zachodzi konieczność głębokiego przemiału rud (-0,06 mm), procent ten może być jeszcze wyższy. Koszty wzbogacania magnetytowego są niewysokie i wahają się w granicach 3-10% [1]. Dlatego obecnie niezwykle ważnym aspektem ekonomicznego wzbogacania rud żelaza jest maksymalne obniżenie kosztów mielenia.

Obniżenie kosztów mielenia próbuje się uzyskać różnymi sposobami. Najczęściej realizuje się to przez: obniżenie wielkości maksymalnych siarn nadawy do młynów konwencjonalnych, stosowanie samomielenia, budowę młynów dużych rozmiarów, wprowadzenie do produkcji wykładzin i ciał mielących z nowych materiałów, mielenie według nowych schematów technologicznych, zapewniających optymalne uwolnienie minerałów użytecznych i nieprzemielanie siarn płennych [2].

Aktualnie obserwuje się również coraz wyższe surowce stali w procesach przygotowania rud magnetytowych do wzbogacania. W zakładach Krzywego Regu stwierdzono, że surowce wyselektowanej stali w postaci wykładzin wynosi 0,091 do 0,089 kg/t kruszonej rudy. W mieleniu konwencjonalnym surowce

stały w postaci ciał mielących (kul lub prętów) jest znacznie wyższe i wynosi 1,5 do 1,8 kg/t mielonej rudy. Zużycie to wzrasta wraz ze zmniejszaniem się wielkości ziarn mława. Na przykład przy mieleniu magnetytowych rud do wielkości 95-98% klasy poniżej 0,05 mm zużycie ciał mielących wzrasta do 2,0-2,2 kg/t mielonej rudy [3].

W opracowaniu tym postanowiono przeprowadzić badania oraz rozważania nad zdolnością przemiałową krajowej rudy magnetytowo-ilmenitowej. W związku z tym, że rozważa się możliwość podjęcia eksploatacji tych rud, postanowiono również porównać efektywność mielenia kulowego tej rudy z mieniem rud magnetytowych, pochodzących z innych złóż, a aktualnie wydobywanych i wzbogacanych. Porównania takie mogą dostarczyć cennych wskazówek techniczno-ekonomicznych przygotowania krajowej rudy do wzbogacania.

2. Sposób prowadzenie doświadczeń

Do doświadczeń użyto krajowej rudy magnetytowo-ilmenitowej, radzieckiej rudy magnetytowej oraz szwedzkich rud magnetytowych, ze złóż Kiruna i Toluwaru. Próba krajowej rudy należy do rud magnetytowo-likwacyjnych, pochodzi ze złóż Krzemianka. Skałami macierzystymi tych rud są gabra, noryt i amertyty, a ich zasadniczymi minerałami użytecznymi magnetyt, hematyt i ilmenit. Zawierają również pewne ilości wanadu i siarczków żelaza.

Magnetyt w okolicach Krzywego Rogu występuje w złożach osadowych metamorfizowanych. Biorąc pod uwagę jakość zasobów Zagłębia Krzyworskiego, występujące tam rudy należy zaliczyć do biednych kwarcytów żelazistych. Kwarcyty żelaziste należą do grupy rud drobnoziarnistych.

Rudy magnetytowe ze złóż Kiruna i Toluwaru występują w zasadowych i ultrazasadowych skałach magmowych. Zaliczane są do rud bogatych o dużej zawartości Fe. Magnetyt występuje w postaci ziarnistych i sbitych mas.

Badanie zdolności przemiałowej wykonano uproszczoną metodą porównawczego mielenia, opisaną w pracy [4]. W metodzie tej zakłada się, że jeżeli próbki dwóch rud są mielone w tym samym młynie w identycznych warunkach czasu, obciążenia kulami, procentowej zawartości ciał stałych, prędkości obrotowej bębna itd., to nakład mocy lub zapotrzebowanie na pracę będą takie same. Jako materiału wzorcowego użyto kwarcytu, którego indeks pracy wyznaczono metodą wzorową [5]. Wartość ta wynosi 43,9 (J/g). Szukany indeks pracy obliczono z równania:

$$v_{1z} \left(\frac{10}{P_z} - \frac{10}{P_z} \right) = v_{1z} \left(\frac{10}{P_z} - \frac{10}{P_z} \right)$$

gdzie:

v_{1z}, v_{1z} - indeks pracy materiału szukanego i znanego (J/g),

P_z, P_z - wielkości 80% ziarn produktu mielenia materiału o indeksie pracy szukanym i znanym (μm),

F_n, F_z - wielkości 80% ziarn nadawy do mielenia o indeksie pracy szukanym i znanym (μm).

W celu oznaczenia indeksu pracy doświadczenia mielenia prowadzono w laboratoryjnym młynku kulowym, przeznaczonym do pracy okresowej. Po mieleniu młynek opróżniano, a produkt mielenia klasyfikowano na sitach na mokro. Parametry pracy młyna: czas mielenia 20 minut, wypełnienie materiałem mielonym 90 cm^3 , wilgotność nadawy 40%, wypełnienie młyna kulami 40%, objętość bębna młyna $1,3 \text{ dm}^3$, średnica wewnętrzna bębna 140 cm, prędkość obrotowa bębna 100 min^{-1} , co stanowi 78% obrotów krytycznych. Próbkę rud, w celu przygotowania do oznaczenia indeksu pracy, rozdrabiano w laboratoryjnej kruszarce szczękowej poniżej 2 mm.

Badania wpływu czasu rozdrabniania na skład ziarnowy rud w młynie kulowym przeprowadzono w laboratoryjnym urządzeniu, przeznaczonym do pracy okresowej o średnicy wewnętrznej 464 mm i długości 315 mm. Wypełnienie bębna młyna kulami o średnicy 40 mm wynosiło 40% objętości bębna, prędkość obrotowa bębna 32 min^{-1} , co stanowi 51,5% obrotów krytycznych. Nadawę stanowiło 2 kg rudy wstępnie rozdrobnionej poniżej 10 mm w kruszarce szczękowej.

3. Wyniki badań i ich omówienie

Wielkości 80% ziarn nadawy oraz produktów mielenia potrzebne do obliczenia indeksu pracy Bonda metodą porównawczą, zestawiono w tablicy 1.

Tablica 1

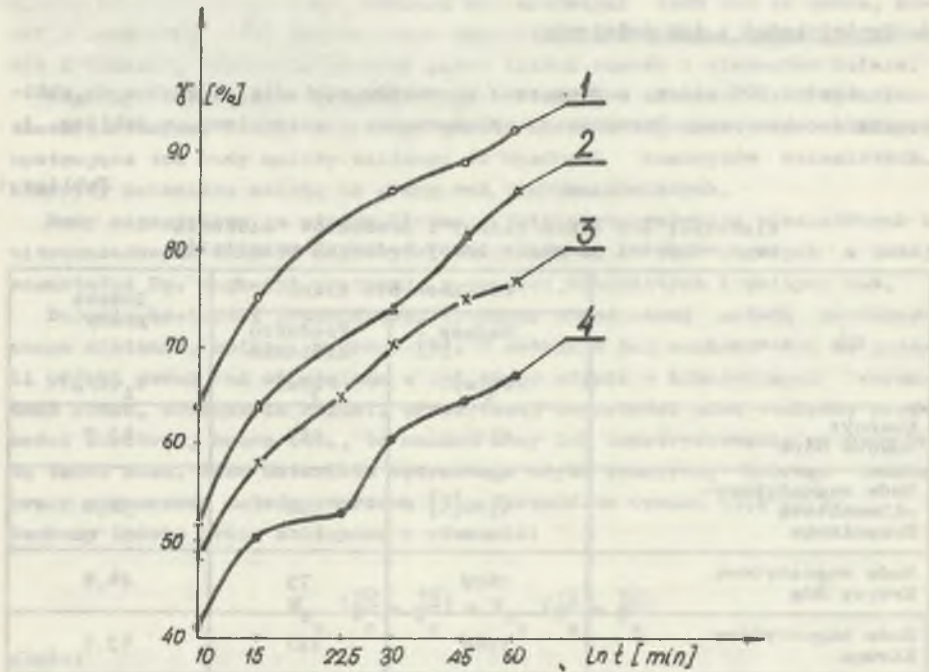
Wielkości 80% ziarn nadawy i produktów mielenia oraz wartości indeksów pracy badanych materiałów

Surowce	Wielkość 80% ziarn		Indeks pracy $V_1 (\text{J/g})$
	Nadawy $F (\mu\text{m})$	Produktu mielenia $P (\mu\text{m})$	
Kwarcyt Bukowa Góra	1720	129	43,9
Ruda magnetytowo- -ilmenitowa Krzemianka	1580	160	56,0
Ruda magnetytowa Krzywy Róg	1600	75	24,8
Ruda magnetytowa Kiruna	1585	127	43,5
Ruda magnetytowa Tolouwara	1585	129	44,2

Doświadczenia prowadzone w ośrodku wodnym, a więc uzyskane wyniki dotyczą mielenia na mokro. Bond [5], uogólniając wyniki szeregu prac doświadczalnych w młynach, stwierdził, że indeks pracy W_1 określa pracę potrzebną do rozdrobienia jednej tony materiału o wymiarach nieskończenie wielkich, do ziarn zawierających 80% klasy o wymiarach poniżej 0,1 mm. Z tablicy 1 widać, że największą zdolnością przemiałową (najniższa wartość W_1) charakteryzuje się ruda krzyworska. Wynikać to może z osadowego pochodzenia tych złóż, co charakteryzuje się drobnziarnistą strukturą. Należy podkreślić, że w trakcie badań zaobserwowano pewną tendencję do rozmakania tych rud.

Rudy szweckie miały się podobnie jak kwarcyt, ich indeksy pracy mieszczą się w wąskiej granicy 43,5 - 44,2 (J/g). Rudy te posiadają zdolność przemiałową najbardziej zbliżoną do wartości literaturowych, przypisywanych rudom magnetytowym - 39,6 (J/g) [6].

Najwyższą wartością indeksu pracy charakteryzuje się krajowa magnetytowo-ilmenitowa ze złoża Krzemianka. Powyższa cecha może wynikać z magmowego pochodzenia gruboziarnistej struktury, jak i wysokiej zawartości SiO_2 .



Rys. 1. Wpływ czasu mielenia na wychody klas ziarnowych 0,5-0 mm i 0,06-0 mm

- 1 - ruda krzyworska 0,5 - 0 mm; 2 - ruda krzyworska 0,06-0 mm; 3 - ruda krajowa 0,5-0 mm; 4 - ruda krajowa 0,06-0 mm

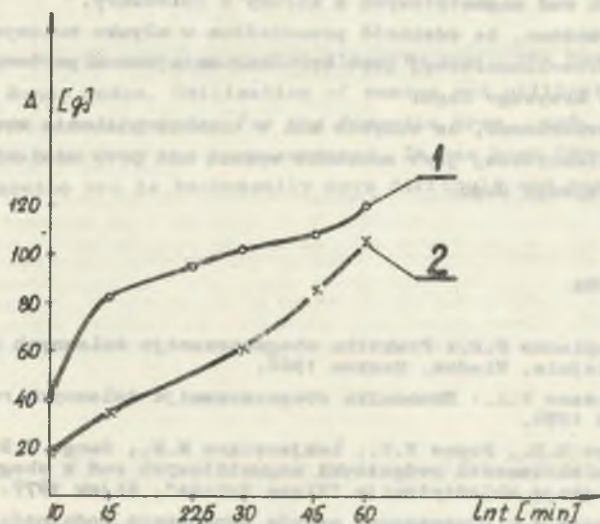
Uzyskane wyniki wskazują, że indeks pracy jest indywidualną cechą każdej rudy określającą jej podatność na mielenie. Powinna ona być wyznaczana doświadczalnie i nie może być zastąpiona wielkościami tabelarycznymi, które mogą znacznie odbiegać od wartości rzeczywistych.

W celu bliższego sprecyzowania wpływu wartości indeksu pracy na wyniki rozdrabniania następną serię badań poświęcono analizie mielenia krajowej rudy magnetytowo-ilmenitowej oraz krzyworońskiej rudy magnetytowej w młynku kulowym.

Na rysunku 1 przedstawiono wpływ czasu mielenia na wychody klas 0,5-0 i 0,06-0 mm. Widać, że krzyworońska ruda łatwiej ulega zmieleniu w młynku kulowym, wychody klas 0,5-0 mm są wyższe po każdym czasie mielenia w porównaniu z wychodami tej klasy rudy krajowej, natomiast ilości klasy 0,06-0 mm są również zawsze wyższe.

W pracy tej zamieszczono tylko wyniki uzyskane dla dwóch klas ziarnowych. Trzeba zaznaczyć, że podobne zależności obserwowano dla innych wielkości ziarn. Zawsze ubytek grubych klas ziarnowych oraz przyrost najdrobniejszych był wyższy dla rudy radzieckiej. Wyniki te potwierdzają badania oznaczania indeksu pracy. Krajowa ruda magnetytowo-ilmenitowa jest mniej podatna na mielenie oraz wymaga wyższych nakładów energetycznych na rozdrabnianie w porównaniu z krzyworońską rudą magnetytową.

Po każdym doświadczeniu mielenia kulowego określano wagę ubytków mielników. Uzyskane wyniki takich pomiarów dla rudy krajowej i krzyworońskiej zamieszczono na rysunku 2.



Rys. 2. Wpływ czasu mielenia na zużycie kul
1 - ruda krajowa, 2 - ruda krzyworońska

Z kształtu krzywych widać, że ubytek masy kul w młynie kulowym jest najwyższy w pierwszym okresie mielenia, a następnie wolno spada. Zjawisko to może być związane z powstawaniem, w trakcie mielenia, pokryć mułowych na kulach, powodując ich mniejsze ścieranie się. Zużycie kul w trakcie mielenia rudy krajowej jest trzykrotnie wyższe niż dla rudy krzyworskiej. Wskazuje to również na to, że ruda krajowa jest bardziej zwięzła od krzyworskiej oraz trudniej rozdrabialna. Porównanie zużycia kul w czasie mielenia analizowanych rud potwierdza również wyniki uzyskane podczas oznaczania indeksu pracy oraz badania kinetyki mielenia.

Podsumowując przeprowadzone rozważania należy stwierdzić, że krajowa ruda magnetytowo-ilmenitowa jest wyraźnie mniej podatna na mielenie od znanych w kraju radzieckich rud magnetytowych z Krzywego Rogu oraz szweckich rud z Kiruny i Tolouary. Mielenie krajowej rudy będzie wymagało większych nakładów energetycznych oraz zużywało większe ilości mielników. Mielenie krajowej rudy jest operacją konieczną przed wzbogacaniem. Należy przypuszczać, że koszty rozdrabiania będą najwyższe w trakcie przeróbki mechanicznej tej rudy.

4. Wnioski

1. Uzyskane wartości indeksów pracy wskazują, że mielenie krajowej rudy magnetytowo-ilmenitowej wymaga wyższych nakładów energetycznych w porównaniu z mieleniem radzieckiej rudy magnetytowej z Krzywego Rogu oraz szweckich rud magnetytowych z Kiruny i Tolouary.

2. Wykazano, że zdolność przemiałowa w młynku kulowym krajowej rudy magnetytowo-ilmenitowej jest wyraźnie mniejsza w porównaniu z rudą magnetytową z Krzywego Rogu:

3. Stwierdzono, że zużycie kul w trakcie mielenia krajowej rudy magnetytowo-ilmenitowej jest znacznie wyższe niż przy mieleniu rudy magnetytowej z Krzywego Rogu.

LITERATURA

- [1] Ostapienko P.E.: Praktyka obogaszczania żelaznych rud w Kriworożskom basiejnje. Niedra, Moskwa 1966.
- [2] Fedoseew W.A.: Ekonomika obogaszczania żelaznych rud. Nauka, Lenin-grad 1964.
- [3] Sergo E.E., Popow F.U., Lukjaczikow N.N., Sergo J.E.: Puti powyszenija efektiwnosti podgotowki magnetitowych rud k obogaszczaniu. Izdatielskoje obiedinienije "Wisza Szkoła", Kijew 1977.
- [4] Ryncarz A.: Uproszczona metoda oznaczania podatności na mielenie wę-gla. Przegląd Górniczy. Przyjęto do druku.

- [5] Bond F.C.: New ideas clarify grinding principles. Chemical Engineering, N° 5, 1962.
- [6] Bond F.C.: Studies in crushing and grinding. Cement line and Gravel, N° 1, 1968.

Recensent: Prof. dr hab. inż. Olbracht ZBRANIBORSKI

Wpłynęło do redakcji w czerwcu 1983 r.

ИССЛЕДОВАНИЯ СПОСОБНОСТИ К ПЕРЕМОЛУ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ
МАГНЕТИТО-ИЛЬМЕНитОВОЙ РУДЫ

Резюме

Определена податність к перемолю отечественной магнетито-ильменитовой руды методом индекса работы Бонда. Сравнено энергетическую потребность для перемола, а также потребление мельников в шаровой мельнице, отечественной руды со шведскими и советскими магнетитовыми рудами. Показано, что перемол польской руды гораздо труднее технически и требует больших затрат.

INVESTIGATIONS OF A GRINDABILITY OF A DOMESTIC
MAGNETITE-ILMENITE ORE

Summary

Grindability of a domestic magnetite-ilmenite ore has been marked by the methods of Bonds index. Utilization of energy and utilization fo grinding materials in a ball grinder for the domestic ores and Swedish and Russian magnetic iron ores has been compared. It has been found that milling of the domestic ore is technically more difficult and cost more.