

Alojzy RYNCARZ

ANALIZA POWSTAWANIA ZIARN RÓŻNEJ WIELKOŚCI W TRAKCIE ROZDRABIANIA
RUDY MAGNETYTOWEJ ŻELAZA W MŁYNIIE SAMOMIELĄCYM

Streszczenie. Wyniki laboratoryjnych badań wykazały, że zastosowanie samomielenia do rozdrabiania krajowej rudy magnetytowej żelaza ze złoża "KRZEMIANKA" ogranicza przemielanie się najdrobniejszych, uwolnionych ziarn minerałów użytecznych. Wykazano, że prędkość powstawania nowych ziarn w młynie samomielącym może być wyznaczana za pomocą pomiaru kąta nachylenia krzywej kinetyki mielenia do osi czasu. Metoda ta dotychczas była stosowana do analizy pracy młyna kulowego. Najwyższą prędkość rozdrabiania w początkowym czasie mielenia wykazały ziarna wielkości około 20 mm i 0,06 mm. Stwierdzono, że pierwsze maksimum może być spowodowane rozdrabianiem się ziarn największych o najliczniejszych defektach struktury, kiedy uderzające działanie ziarn dużych ma w analizowanym procesie decydujące znaczenie. Wysokie prędkości powstawania ziarn wielkości około 0,06 mm mogą być spowodowane działaniem ocierającym między ziarnami mielącymi i mielonymi oraz wykładziną bębna. Wykazano, że w młynie samomielącym najniższe zawsze były prędkości powstawania ziarn poniżej 0,02 mm i jest to to, co najwyraźniej odróżnia powstawanie nowych ziarn w młynie samomielącym od mielenia w młynie kulowym.

1. Wprowadzenie

Samomielenie jest to proces, w którym rozdrabianie wykonuje sam materiał rozdrabiany [1]. W całej masie nadawy wprawianej w ruch obrotowy następują wzajemne uderzenia ziarn, powodując ich łupanie się lub ocieranie, albo też obydwa rodzaje działania równocześnie. W samomieleniu rozróżnia się najczęściej trzy podstawowe procesy rozdrabiania:

- samomielenie pełne, w którym całą nadawę kieruje się bezpośrednio do młyna, gdzie jest kruszona przy użyciu dużych brył danego materiału jako mielników,
- samomielenie bryłkowe (częściowe) różni się od poprzedniego tym, że do młyna wprowadzane są dwie klasy rozdrabianego materiału; jedna większa surowa, stanowi rodzaj mielników, druga - mniejsza, wstępnie skruszona, jest materiałem rozdrabianym,
- samomielenie kombinowane, które polega na połączeniu mielenia konwencjonalnego z samomieleniem, co uzyskuje się przez dodanie do młyna niewielkiej ilości mielników tradycyjnych (3 do 5% objętości bębna).

W ostatnich 25 latach obserwuje się w świecie coraz częstsze stosowanie samomielenia rud w zakładach przerobczych, szczególnie w zakładach rud żelaza [2, 3]. Wydaje się, że aktualnie w najwyższej rozwiniętych państwach ani jeden zakład przerobczy nie może być zaprojektowany bez zbadania możliwości zastosowania samomielenia. Ekonomicznej i eksploatacyjnej wyższości mielenia bezkulowego dopatruje się przede wszystkim w tym, że zmniejsza się ilość stadiów rozdrabiania, często do jednego. Prowadzi to do zbliżenia operacji rozdrabiania do miejsca wydobycia rud i stwarza możliwość zastosowania hydrotransportu zmielonej rudy. Schematy samomielenia rud różnią się indywidualnie, co tłumaczy się tym, że nie znamy całkowicie wszystkich tajników procesu samomielenia dla poszczególnych rodzajów rud. O wyborze sposobu przygotowania danej rudy do wzbogacania decyduje analiza techniczno-ekonomiczna efektywności rozdrabiania tradycyjnego i samomielenia.

Wydaje się, że przed przystąpieniem do eksploatacji krajowych złóż rud magnetytowych żelaza, należy między innymi przeprowadzić również badania możliwości zastosowania samomielenia w ich rozdrabianiu. W pracy tej postanowiono przeprowadzić analizę powstawania ziarn różnej wielkości w trakcie rozdrabiania tych rud w laboratoryjnym młynku samomielącym. Celem podjętych badań jest wstępne sprawdzenie możliwości zastosowania tego rodzaju koncepcji przygotowania rudy do wzbogacania, a nie uzyskanie końcowej odpowiedzi.

4. Sposób prowadzenia doświadczeń

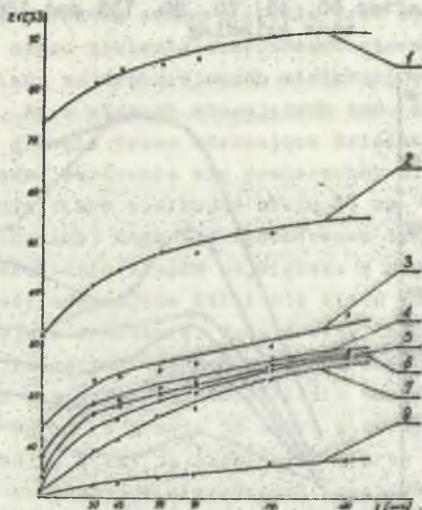
Do badań użyto rudy żelaza w postaci rdzeni z otworów wiertniczych o średnicy około 8 cm pochodzących ze złoża krajowego "Krzemianka". Skalami macierzystymi tych rud są gabra, noryt i anortyty, a ich zasadniczymi minerałami użytecznymi magnetyt, hematyt i ilmenit. Ruda ta ze względu na wybitnie niekorzystny skład chemiczny, (znaczne ilości TiO_2 i SiO_2) w stanie surowym nie nadaje się do bezpośredniej przeróbki na surowkę w wielkim piecu.

Rudę użytą do badań wstępnie rozdrobiono w kruszarce szczękowej przy maksymalnej szerokości szczeliny paszczy wylotowej 35 mm. Do doświadczeń użyto młyn laboratoryjny przeznaczony do pracy okresowej o średnicy wewnętrznej 432 mm i długości wewnętrznej 35 mm. Wewnątrz młyna znajdowało się 6 przyspawanych osiowo płaskowników o wymiarach 315 x 70 x 10 mm, co stanowiło rodzaj łopatek windujących materiał mielony w górę. Mielenie prowadzono w następujących warunkach; wypełnienie młyna materiałem mielonym 38% objętości wewnętrznej bębna, wilgotność nadawy 35%, obroty bębna młyna 32 na minutę, co stanowiło 50% obrotów krytycznych oraz stosowano proces samomielenia pełnego.

Po zakończeniu doświadczeń produkt mielenia poddano analizie składu ziarnowego. Posługiwano się trzema rodzajami tej analizy: sitowej na sitach o otworach kwadratowych dla ziarn do $60 \mu\text{m}$, oraz dla ziarn mniejszych klasyfikacją hydrauliczną w laboratoryjnym klasyfikatorze stożkowym współrzędnym w układzie normalnym, którego produkty poddawano analizie mikroskopowej. W analizie mikroskopowej wielkości ziarn podziałowych przyjmowano jako średnią arytmetyczną maksymalnych i minimalnych ziarn w danym produkcie.

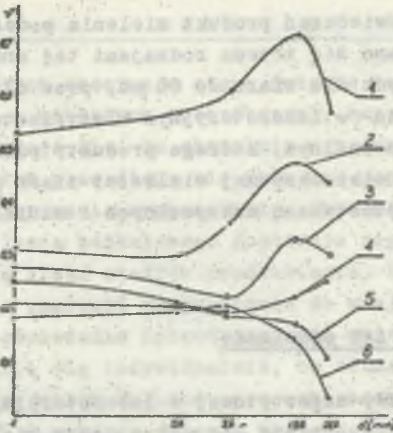
3. Wyniki badań i ich omówienie

Wyniki mielenia rudy magnetytowej w laboratoryjnym młynku samomielenącym przedstawiono na rys. 1. Podają one wpływ czasu mielenia na wychody ziarn poniżej różnej wielkości. Widać, że wychody rozpatrywanych klas ziarnowych zawsze rosną wraz z czasem mielenia. Wzrost ten jest największy po najkrótszych czasach 30 i 45 minut, co wyraźnie widać szczególnie dla klas powyżej 0,1 mm. Po dłuższych czasach mielenia, wynoszących ponad 90 minut, przyrosty klas ziarnowych są coraz niższe.



Rys. 1. Wpływ czasu samomielenia pełnego rudy magnetytowej żelaza w laboratoryjnym młynku na sumaryczny wychód ziarn różnej wielkości
 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 - sumaryczny wychód ziarn poniżej 27,5; 19,0; 9,6; 5,6; 1,0; 0,1; 0,06; 0,02 mm

Fig. 1. Effect of full autogenous grinding time of magnetite ore in the laboratory mill on total yield of different size grains
 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 - total yield of grains below 27,5; 19,0; 9,6; 5,6; 1,0; 0,1; 0,06; 0,02 mm

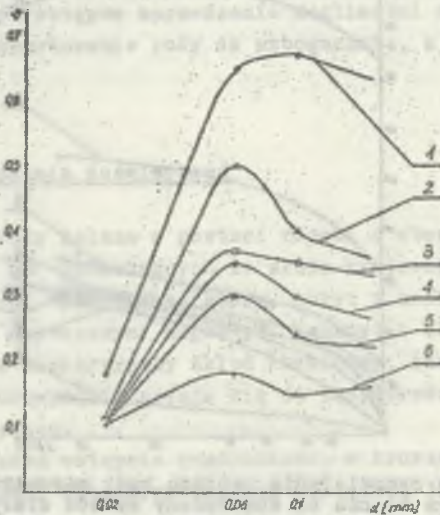


Rys. 2. Wpływ czasu samomielenia pełnego rudy magnetytowej żelaza w laboratoryjnym młynku na prędkość powstawania ziarn od 1 do 27 mm

1, 2, 3, 4, 5, 6 - po 30, 45, 70, 90, 135 i 180 minutach samomielenia

Fig. 2. Effect of full autogenous grinding time of magnetite ore in the laboratory mill on the formation velocity of the grains from 1 to 27 mm

1, 2, 3, 4, 5, 6 - after 30, 45, 70, 90, 135 and 180 minutes of autogenous grinding



Rys. 3. Wpływ czasu samomielenia pełnego rudy magnetytowej żelaza w laboratoryjnym młynku na prędkość powstawania ziarn od 0,02 do 1 mm

1, 2, 3, 4, 5, 6 - po 30, 45, 70, 90, 135 i 180 minutach samomielenia

Fig. 3. Effect of full autogenous grinding time of magnetite ore in the laboratory mill on the formation velocity of grains from 0,02 to 1 mm

1, 2, 3, 4, 5, 6 - after 30, 45, 70, 90, 135 and 180 minutes of autogenous grinding

Odmienne zachowuje się wychód klasy poniżej 0,02 mm; w całym zakresie badań wpływ czasu mielenia jest zbliżony do prostoliniowego.

Zgodnie z rozważaniami przeprowadzonymi w jednej z wcześniejszych prac [4] przyjęto, że nachylenie krzywych zamieszczonych na rys. 1 jest obrazem prędkości powstawania ziarn takiej wielkości, do jakiej to nachylenie się odnosi. Natomiast za miarę prędkości powstawania ziarn w przyjęto tangens kąta nachylenia tych krzywych do osi poziomej. W miejscach analizowanych rysowano styczne do krzywych, a kąt nachylenia stycznej do osi poziomej uważano za miarę prędkości powstawania ziarn.

Wyznaczone na podstawie rys. 1 prędkości powstawania ziarn różnej wielkości, w zależności od czasu mielenia, zamieszczono na rys. 2 i 3. Na rys. 2 dla ziarn od 1 do 27 mm, a na rys. 3 dla ziarn najdrobniejszych od 0,02 do 0,1 mm. Analiza tych rysunków wskazuje, że w krótszych z rozpatrywanych czasów mielenia występują dwa wyraźne obszary wyższej prędkości powstawania ziarn; pierwsze dla ziarn wielkości 19 mm i drugie dla ziarn równych około 0,06 mm. Wraz ze wzrostem czasu mielenia pierwsze maksimum (ziarna 19 mm) prędkości powstawania ziarn maleje. Natomiast drugi obszar zwiększonej prędkości powstawania ziarn (ziarna 0,06 mm) utrzymuje się w ciągu całego czasu prowadzenia badań samomielenia, lecz maksimum to wraz ze wzrostem czasu mielenia jest coraz mniej wyraźne. W całym przedziale czasu mielenia obserwowano stosunkowo niewielką prędkość powstawania ziarn najdrobniejszych wielkości około 0,02 mm.

W związku z tym, że w młynach stosujących tzw. samomielenie pełne rozdrabianie zachodzi głównie przez uderzające działanie ziarn większych w mniejsze oraz wzajemne ocieranie się powierzchni ziarn o siebie, wysokie prędkości powstawania ziarn wielkości około 19 mm (po najkrótszych czasach 30, 45 i 70 minutach) mogą być spowodowane tym, że w początkowym czasie ulegają rozdrobieniu ziarna największe o najliczniejszych defektach struktury, kiedy uderzające działanie ziarn dużych ma w analizowanym procesie decydujące znaczenie. Wydaje się, że można powiedzieć również, że w tych najkrótszych czasach powstają ziarna głównie średniej wielkości, ponieważ w nadawie do samomielenia znajdowało się ponad 68% ziarn większych od 19 mm i prawie 3% ziarn większych od 35 mm. Po dłuższych czasach mielenia, kiedy to największe ziarna zostały już rozdrobione, obserwujemy obniżanie się prędkości powstawania ziarn średniej wielkości w związku z tym, że same uległy rozdrobieniu.

Natomiast wysokie prędkości powstawania ziarn wielkości około 0,06 mm mogą być spowodowane działaniem ocierającym między ziarnami mielącymi i mielonymi oraz wykładziną bębna. Zmniejszanie prędkości powstawania ziarn wielkości około 0,06 mm wraz ze wzrostem czasu rozdrabiania jest prawdopodobnie spowodowane tym, że kształty pojedynczych ziarn mineralnych są już zaokrąglone, owalne; bez ostrych krawędzi, co utrudnia ich dalsze samomielenie. Potwierdziły to obserwacje mikroskopowe produktów rozdrabiania.

Zastosowany sposób przedstawiania wyników rozdrabiania w zależności prędkości powstawania ziarn od ich wielkości i czasu mielenia pozwala na stwierdzenie, że długi czas przebywania rudy magnetytowej żelaza w młynie samomięlnym nie wpływa w sposób znaczący na przemielanie ziarn drobnych. Najwyższą prędkość powstawania ziarn wielkości 0,02 mm obserwowano w najkrótszym czasie mielenia (30 min). Przy podwyższaniu tego czasu do 180 min, prędkość powstawania tych ziarn uległa niewielkiemu obniżeniu, w przeciwieństwie do tego, co obserwowano przy mieleniu tych rud w młynie kulowym [4, 5].

Z przeprowadzonych badań widać również, że zastosowanie procesu samomielenia pełnego w przygotowaniu krajowych rud magnetytowych do wzbogacania daje wyniki zadowalające. Korzystnym jest to, że ruda z jednej strony poddaje się samomieleniu, natomiast najdrobniejsze, uwolnione minerały ulegają tylko nieznacznemu przemielaniu się. Zakres pracy tej nie pozwala jednoznacznie odpowiedzieć na pytanie, w jaki sposób badana ruda winna być przygotowana do wzbogacania, stanowi jedynie interesującą podstawę do dalszych badań nad samomieleniem krajowych rud magnetytowych żelaza.

4. Wnioski

Przeprowadzone badania laboratoryjne mielenia rudy magnetytowej żelaza oraz analiza uzyskanych wyników pozwala na sformułowanie następujących wniosków.

1. Wykazano, że metodę wyznaczania prędkości powstawania nowych ziarn w młynie kulowym, za pomocą pomiaru kąta nachylenia krzywej kinetyki mielenia do osi czasu, można stosować również w analizie procesu samomielenia rud.

2. Udowodniono, że w początkowym czasie rozdrabiania w młynie samomięlnym najwyższa jest prędkość powstawania ziarn średniej wielkości oraz ziarn drobnych. Po dłuższym czasie rozdrabiania prędkości powstawania ziarn różnych wielkości wyrównują się. Najniższe są jednak zawsze prędkości powstawania ziarn najdrobniejszych.

3. Stwierdzono, że zastosowanie samomielenia w przygotowaniu krajowych rud magnetytowych żelaza do wzbogacania może być korzystne ze względu na nieprzemielanie się drobnych, uwolnionych ziarn rudnych.

LITERATURA

- [1] Czarkowski H.: Znaczenie samomielenia dla wzbogacania rud. Rudy i Metale Nieżelazne, nr 7, 1965.
- [2] Karmazin W.I., Denisenko A.I., Sergo E.E.: Bezszaroweje izmelczeniye rud. Nedra, Moskwa 1968.
- [3] Sergo E.E., Popow F.U., Łukianczikow N.N., Sergo I.E.: Puti powyszenija efektiwnosti podgotowki magnetitowych rud k obogaszczeniju. Wiszcza szkoła, Kijew 1977.
- [4] Ryncarz A.: Kinetyka powstawania ziarn różnej wielkości w trakcie rozdrabniania ciał stałych w młynie kulowym. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Górnictwo, przyjęto do druku w 1985 roku.
- [5] Ryncarz A.: Badania nad zdolnością przemiałową krajowej rudy magnetytowo-ilmenitowej. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Górnictwo z. 129, Gliwice 1984.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Olbracht ZBRANTBORSKI

Wpłynęło do Redakcji w grudniu 1986 r.

АНАЛИЗ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЗЕРЕН РАЗЛИЧНОЙ ВЕЛИЧИНЫ ВО ВРЕМЯ РАЗДРОБЛЕНИЯ МАГНЕТИТОВОЙ РУДЫ ЖЕЛЕЗА В АВТОМАТИЧЕСКОЙ МЕЛЬНИЦЕ

Резюме

Результаты лабораторных исследований показали, что применение автоматического меления магнетитовой руды железа в Польше из залеза КИКИНКА ограничивает меление наименьших освобожденных зёрен полезных материалов. Показано, что скорость возникновения новых зёрен в автоматической мельнице может быть определена с помощью измерения угла наклона кинетической кривой меления к оси времени. Этот метод до настоящего времени применялся для анализа работы шаровой мельницы. Наивысшую быстроту размельчения в первичной стадии меления достигали зёрна величиной около 20 мкм и 0,06 мкм. Отмечено, что первый максимум может быть вызван размельчением наибольших зёрен с наибольшим числом дефектов структуры, когда ударившее действие больших зёрен имеет в анализированном процессе решающее значение. Большая быстрота возникновения зёрен величиной около 0,06 мкм может быть вызвана отиранием зёрен мельницы с мелёными и с облицовкой барабана. Показано, что в автоматической мельнице наименьшими всегда были скорости возникновения зёрен динаметром менее 0,02 мкм и это является тем, что отличает возникновение новых зёрен в автоматической мельнице от меления в шаровой мельнице.

THE ANALYSIS OF THE FORMATION OF DIFFERENT SIZE GRAINS IN THE PROCESS OF MAGNETITE ORE GRINDING IN THE AUTOGENOUS MILL

Summary

The results of laboratory experiments show that the application of autogenous grinding domestil magnetite ore from the deposit "Krzemianka" limits grinding of the finest free grains of minerals. It has been pointed out that the formation velocity of new grains in the autogenous grinding mill can be demonstrated by measuring the angle of inclination of the kinetics curve of grinding in relation to the time axis. This method has been used so far for analysis of ball mill work. The grains of 20 mm and 0,05 mm show the highest grinding velocity at the initial time of grinding. It has been proved that first maximum can be caused by autogenous grinding of the biggest grains with numerous structure defects when the big grain strikes have the decisive meaning in the process being analysed. High formation velocity of 0,06 mm grains can be caused by the friction among grinding grains, grains being ground and the mill lining. In the autogenous mill formation velocity of below 0,02 mm grains has been the lowest and that is something that differentiates the formation of new grains in the autogenous mill from the grinding in the ball mill.