

JOZEF SÓWKA

ROZMYWANIE JAKO OPERACJA W NIEKTÓRYCH
PROCESACH PRZEROBczyCH

Streszczenie. Przedstawiono możliwości wykorzystania rozmywania jako operacji zastępującej rozdrabnianie. Zilustrowano graficznie wpływ składu ziarnowego materiału poddawanego rozmywaniu, jego stężenia w zawieszynie oraz czasu i intensywności mieszania - na efekt rozluźnienia połączonych lepiszczem składników rudy. Przytoczono przykład zastosowania omawianej metody do mieszania obcierającego, którego zadaniem było usunięcie z powierzchni ziarna minerałów użytecznego otoczki ciała obcego. Zwrócono uwagę na właściwe zaprogramowanie doświadczeń w celu ustalenia odpowiednich korelacji niezbędnych do określenia optymalnych warunków rozmywania.

1. Wstęp

Wiele surowców mineralnych i rud wydobytych z ziemi na powierzchnię występuje w postaci zrostów składnika użytecznego ze składnikiem nieużytecznym. Zależnie od typu zrostu i rodzaju ewentualnego lepiszcza łączącego poszczególne składniki stosuje się rozdrabnianie na urządzeniach kruszących lub mielących albo też doprowadza się do rozluźnienia materiału na drodze mokrej w rozmywalnikach. Dla kopalni, których zrosty nie wykazują znacznej różnicy w twardości i zwięzłości stosuje się rozdrabnianie w kruszarkach lub młynach. W przypadku, gdy kopalina zawiera zrosty składników wyraźnie różniących się zwięzłością i podatnością na określony rodzaj rozdrabniania stosuje się kruszenie lub mielenie selektywne podczas którego tylko jeden ze składników ulega znacznemu rozdrobieniu; wtedy występuje wzbogacenie najdrobniejszych klas w składnik, który najbardziej uległ rozdrobieniu. W celu oddzielenia go od pozostałych minerałów wystarczy poddać

oaly zbioru ziarnu klasyfikacji (pneumatycznej, hydraulicznej lub na sitach) aby otrzymać produkty wyraźnie różniące się wartością substancji użytecznej.

W technicznie i technologicznie uzasadnionych przypadkach (np. gdy kopalina jest typu gliniastego i zawodniona) oraz gdy składniki kopaliny wykazują różną podatność na rozmywanie, celem jest wykorzystanie tej właściwości na drodze mieszania kopaliny w cieczy w odpowiednim urządzeniu.

2. Sposoby rozmywania

Technika prowadzenia procesu rozdrabiania na drodze mokrej w rozmywaczach zależy od szeregu złożonych czynników, głównie zaś od własności kopaliny i typu urządzenia w którym proces się odbywa.

Zasadniczo wyróżnia się rozmywanie statyczne i dynamiczne. Rozmywanie statyczne odbywające się w zbiornikach bez agitacji stosuje się bardzo rzadko, gdyż nadaje się ono wyłącznie dla materiałów rozłaskowujących się w cieczy (nie zawsze w wodzie).

Rozmywanie dynamiczne któremu towarzyszy mniej lub bardziej intensywne mieszanie kopaliny w cieczy przeprowadza się w urządzeniach o odpowiedniej konstrukcji. Zależnie od spoiistości poszczególnych składników kopaliny stosuje się różną intensywność mieszania, a co z tym związane i odpowiednią konstrukcję rozmywacza.

Na ogół wyróżnia się 3 grupy rozmywaczy dynamicznych:

- bębnowe,
- korytowe,
- mieszalniki.

W literaturze fachowej [1,2,3,4] oraz w materiałach reklamowych różnych firm można spotkać wiele odmian poszczególnych grup rozmywaczy; każde z tych urządzeń może pracować okresowo lub w sposób ciągły.

Różnice konstrukcyjne pomiędzy rozmywaczami tego samego typu nie są duże i polegają zasadniczo na dyferencjacji wymiarów gabarytowych, sposobie ułożenia łopatek, zmianie ich kształtów i wielkości oraz na odmiennym wyprowadzeniu produktów rozmywania

(bezpośrednio lub poprzez przesiewacz bębnowy, który stanowi monolit z bębnem rozmywacza np. typu "Humboldt").

Największe bogactwo odmian konstrukcyjnych rozmywacza umożliwiających zmianę intensywności mieszania w bardzo szerokich granicach posiada grupa mieszalników. Zmiany te polegają na stosowaniu niskich lub wysokich mieszadeł dwu lub czterołopatkowych o różnym kącie pochylenia łopatek, mieszadeł śmigłowych, turbinowych, kotwicowych, talerzowych i bębnowych; dodatkowy efekt rozdrabiania uzyskuje się przez stosowanie wykładzin lub przegród układanych na wewnętrznych płaszczyznach mieszalników. Prawdopodobnie najlepsze efekty rozmywania dają mieszalniki z mieszadłem umieszczonym w odpowiednio skonstruowanym dyfuzorze, oczywistym jest, że wyniki mieszania zależą od zachowania właściwych wymiarów i odległości ruchomych i stałych elementów mieszalnika względem siebie.

3. Kinetyka rozmywania

W przypadku wyboru rozmywania jako metody rozdrabiania należy zastosować odpowiednią intensywność mieszania, zależnie od stopnia związania ze sobą poszczególnych składników kopaliny. Istotne dla skuteczności procesu są również stężenie części stałych w zawieszynie, ich skład ziarnowy i czas pracy mieszadła.

Duże znaczenie mogą mieć również własności cieczy w której odbywa się rozmywanie; znane są kopaliny których rozmywanie przebiega opornie w zwykłej wodzie, ale poprawia się, znacznie po dodaniu pewnej ilości określonego odczynnika chemicznego. Najwłaściwsze parametry prowadzenia procesu powinny być zawsze dobrane doświadczalnie.

Podstawowym kryterium określającym rodzaj ruchu zawiesziny w mieszalniku jest liczba Reynoldsa zdefiniowana następująco:

$$Re = \frac{u \cdot D \cdot \rho}{\mu}$$

gdzie:

- ρ, μ - gęstość i lepkość zawiesiny
 D - liniowy wymiar mieszadła
 u - prędkość obwodowa mieszadła

W przeliczeniach praktycznych zastępuje się prędkość liniową u prędkością obrotową n z pominięciem wartości π wskutek czego otrzymuje się inną tzw. zastępczą liczbę Reynoldsa wyrażającą zależność:

$$Re_z = \frac{n \cdot D^2 \cdot \rho}{\mu}$$

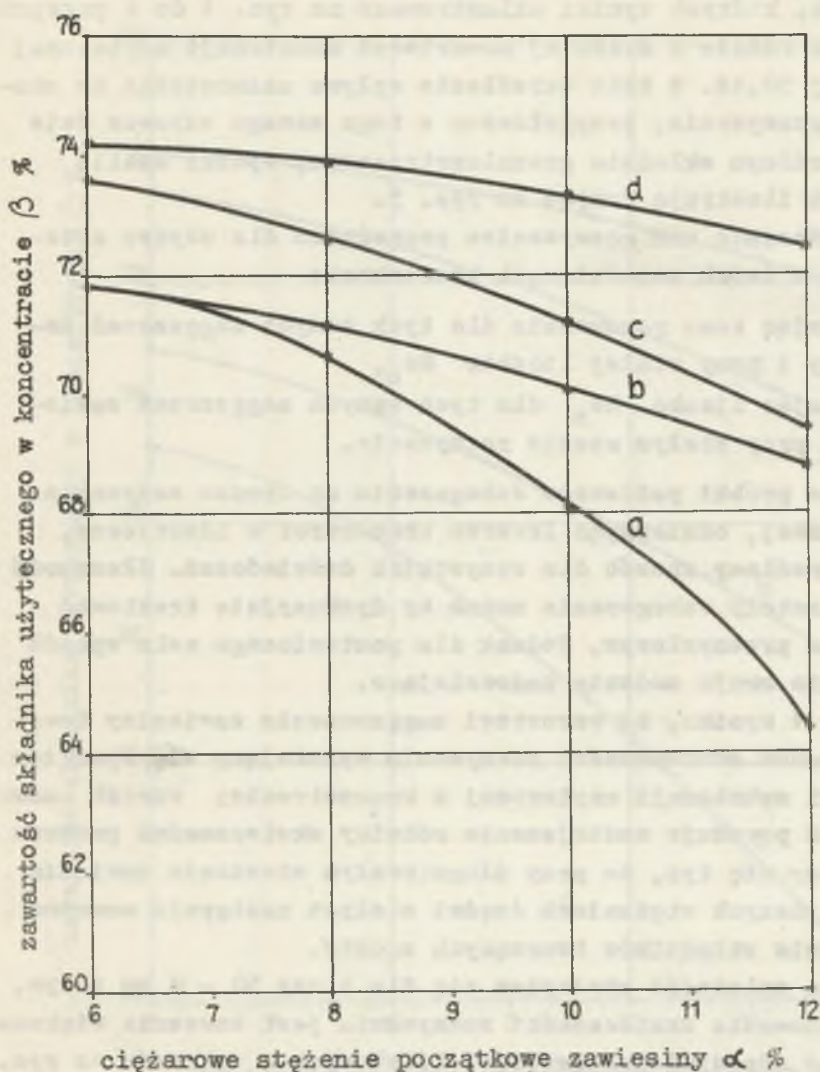
Stwierdzono doświadczalnie, że dla $Re_z < 50$ ruch ma charakter laminarny; wiadomo, że takiemu ruchowi dla kuli odpowiada zakres $Re < 0,4$ a dla cząstek niekulistych $Re < 0,05$. Tak więc posługiwanie się Re_z jest wygodniejsze.

Przy projektowaniu rozmywaczy nie bierze się pod uwagę tzw. indeksu mieszania, który charakteryzuje średnią arytmetyczną odchyień stężeń w różnych miejscach mieszalnika od średniej zawartości cząstek stałych z powodu odmienności przeznaczeń mieszalnika i rozmywacza. W praktyce przekracza się optymalną wartość mocy przypadającej na jednostkę objętości mieszanej zawiesiny w rozmywaczu - co jest istotne ze względu na kinetykę procesu.

4. Wpływ rozmywania na rezultaty wzbogacania

Rozmywanie jest operacją której zadaniem jest przygotowanie kopaliny do procesu głównego jakim jest wzbogacanie. Odbywa się ono zwykle na drodze mokrej w klasyfikatorach niemechanicznych - poziomo lub pionowo - prądowych, w klasyfikatorach mechanicznych np. grabiowych, ślimakowych, zgrzeblowych lub panwiowych albo też na przesiewaczach przy pewnym udziale wody przemawiającej.

W celu przedstawienia wpływu głównych parametrów rozmywania na skuteczność tego procesu i określenia ważności tej operacji dla wzbogacania wykonano szereg doświadczeń, których wyniki ilustrują poniżej przytoczone wykresy.



Rys. 1. Wpływ zagęszczenia części stałych α o uziarnieniu 10-0 mm i czasie rozmywania przy stałej $Re_z = 2300$ mm na zawartość składnika użytecznego w koncentracji a, b, c, d - czasy rozmywania 10, 20, 30, 40 min.

Badania, których wyniki zilustrowano na rys. 1 do 4 przeprowadzono na rudzie o średniej zawartości substancji użytecznej wynoszącej 50,4%. W celu określenia wpływu uziarnienia na skuteczność rozmywania, przygotowano z tego samego surowca dwie próbki o różnym składzie granulometrycznym, wyniki analiz ziarnowych ilustrują krzywe na rys. 5.

Doświadczenia nad rozmywaniem prowadzono dla obydwu zbiorów ziarn w dwóch zasadniczych kierunkach:

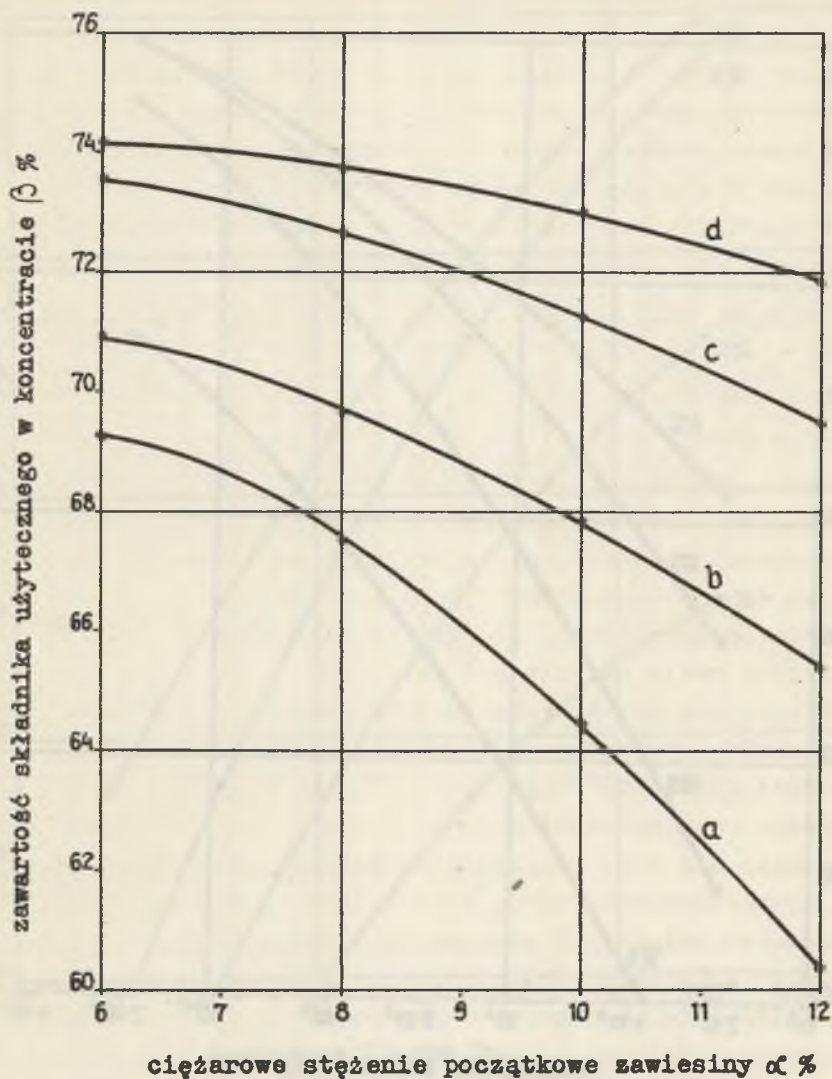
- 1) zmieniając czas rozmywania dla tych samych zagęszczeń zawiesiny i przy stałej liczbie Re_z ,
- 2) zmieniając liczbę Re_z dla tych samych zagęszczeń zawiesiny i przy stałym czasie rozmywania.

Rozmyte próbki poddawano wzbogaceniu na drodze sedymentacji okresowej, odbierając lewarem koncentrat w identyczny, ściśle określony sposób dla wszystkich doświadczeń. Słuszność wybranej metody wzbogacania można by dyskusyjnie traktować w procesie przemysłowym, jednak dla postawionego celu sposób ten spełnia swoje zadanie zadowalająco.

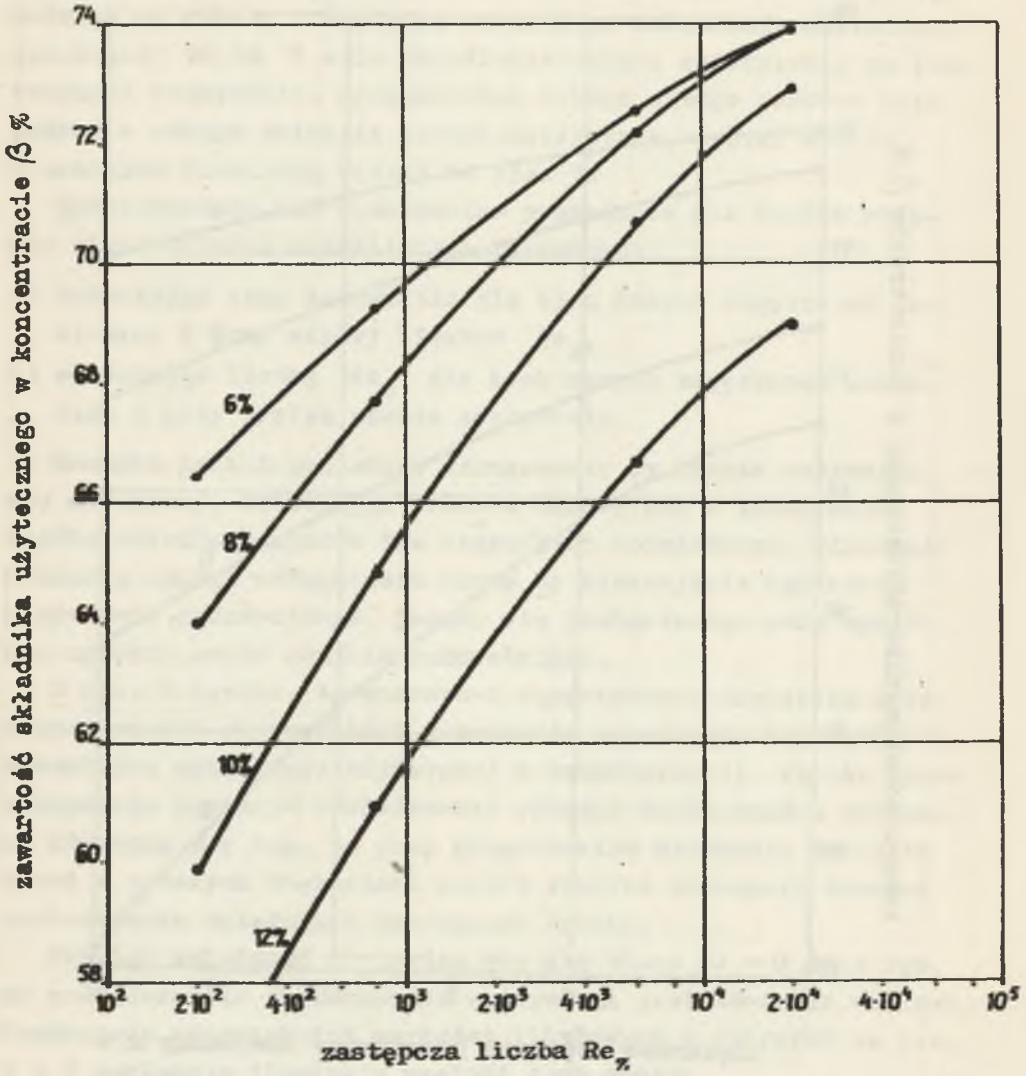
Z rys. 1 wynika, że wzrostowi zagęszczenia zawiesiny towarzyszy spadek skuteczności rozmywania wyrażający się spadkiem zawartości substancji użytecznej w koncentracie; wzrost czasu rozmywania powoduje zmniejszenie różnicy skuteczności procesu co tłumaczy się tym, że przy długotrwałym mieszaniu zawiesin nawet o wyższych stężeniach części stałych następuje znaczne rozluźowanie składników tworzących zrosty.

Podobną zależność stwierdza się dla klasy 50 - 0 mm z tym, że różnicowanie skuteczności rozmywania jest znacznie większe. Porównanie odpowiednich wartości liczbowych z wykresów na rys. 1 i 2 dokładnie ilustruje wartość tych różnic.

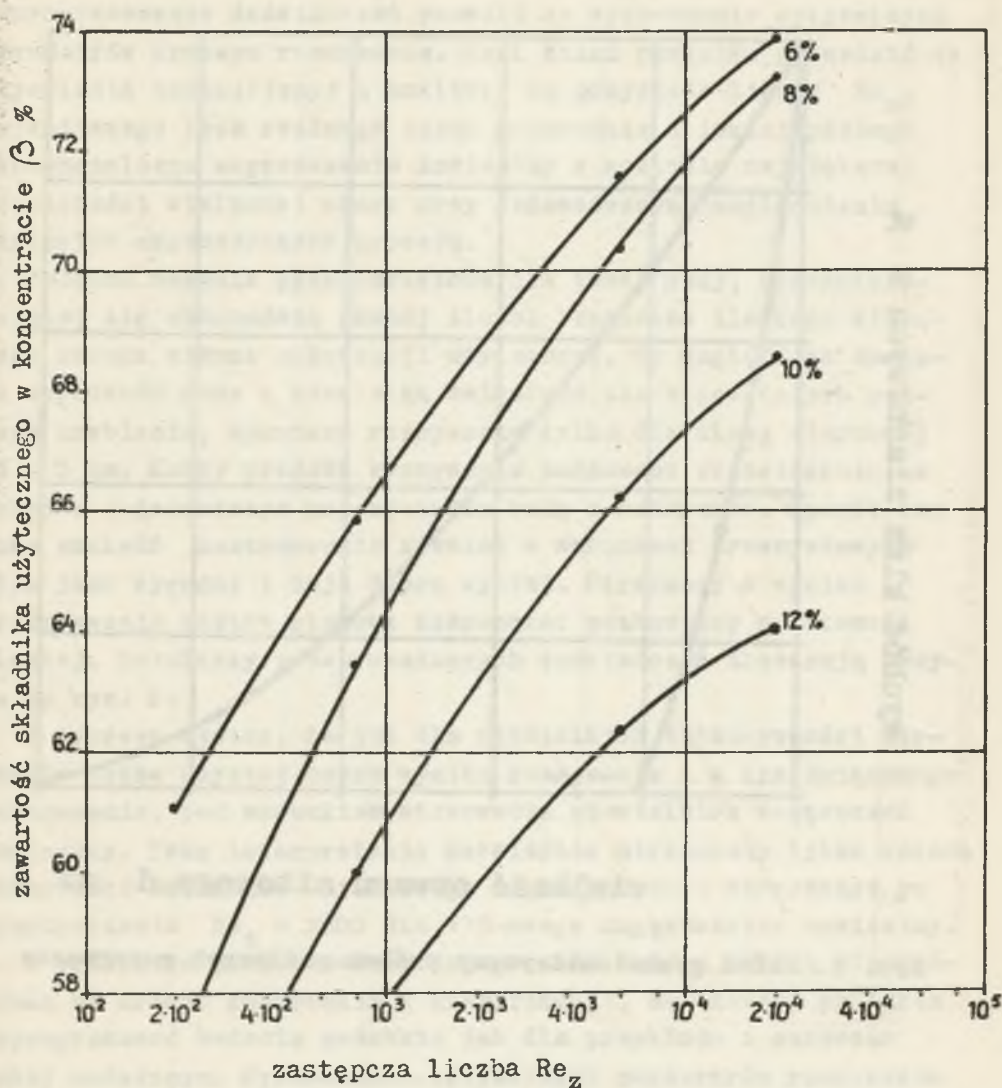
Skuteczność rozmywania rudy kształtowaną zwiększeniem intensywności mieszania charakteryzują wykresy na rys. 3 i 4. Z porównania odpowiednich krzywych wynika, że wzrost intensywności mieszania powoduje bardzo znaczne podwyższenie zawartości substancji użytecznej w koncentracie mimo krótkiego okresu rozmywania (tylko 5 minut). Różnice wartości liczbowych ilustrują wyraźny wpływ składu ziarnowego na rezultaty rozmywania.



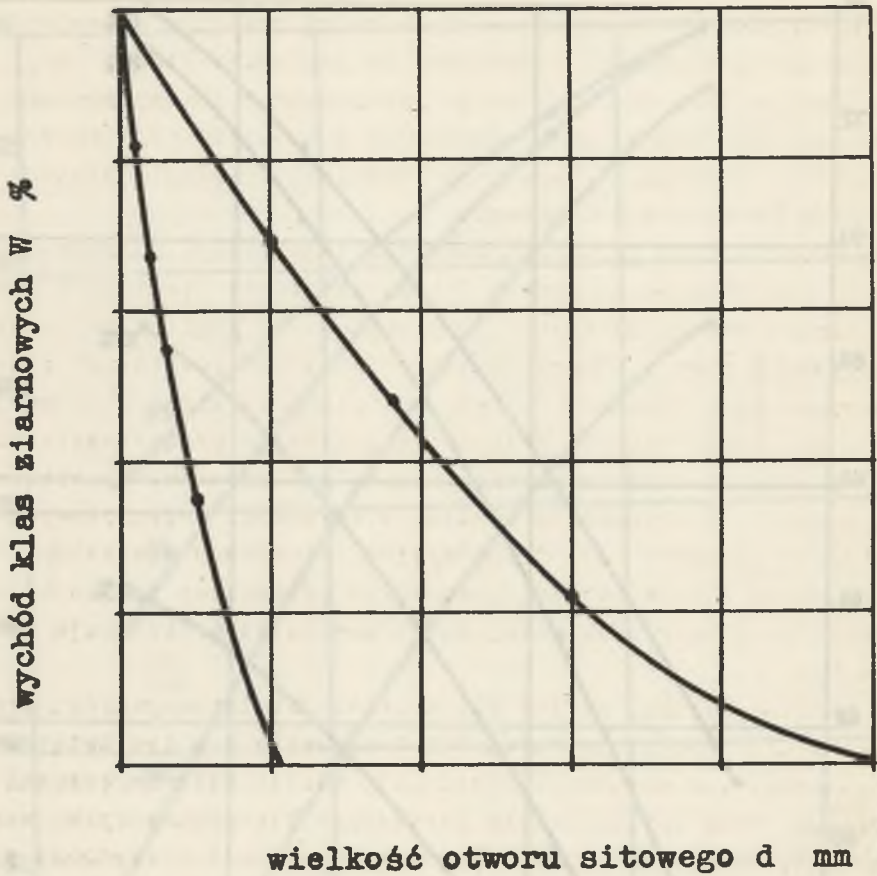
Rys. 2. Wpływ zagęszczenia oszczędzi stałych α o uziarnieniu 50-0 mm i czasie rozmywania przy stałej $Re_z = 2300$ mm na zawartość składnika użytecznego w koncentracji a, b, c, d - czasy rozmywania 10, 20, 30, 40 min.



Rys. 3. Wpływ liczby Re_z na zawartość składnika użytecznego β przy różnych zagęszczeniach części stałych o uziarnieniu 10-0 mm oraz po 5-minutowym okresie rozmywania



Rys. 4. Wpływ liczby Re_z na zawartość składnika użytecznego β przy różnych zagęszczeniach części stałych o uziarnieniu 50-0 μ m oraz po 5-minutowym okresie rozmywania



Rys. 5. Skład granulometryczny próbek poddanych rozmywaniu

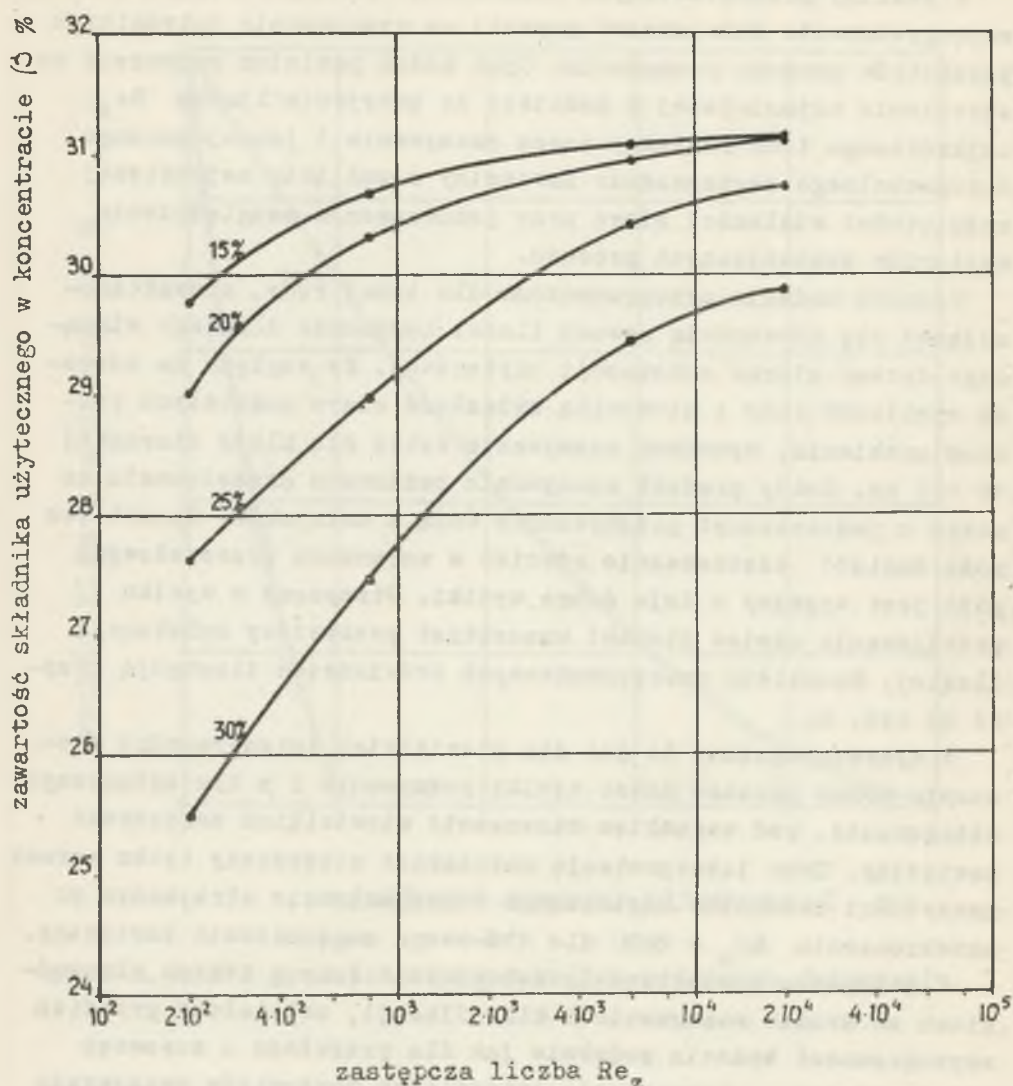
Z analizy przedstawionych zależności wynika, że odpowiednie zaprogramowanie doświadczeń pozwoli na wyznaczenie optymalnych parametrów procesu rozmywania. Cykl badań powinien prowadzić do określenia najmniejszej a możliwej do przyjęcia liczby Re_z , najkrótszego lecz realnego czasu rozmywania i jaknajwyższego dopuszczalnego zagęszczenia zawiesiny o możliwie największej rozpiętości wielkości ziarn przy jednoczesnym uwzględnieniu kryteriów ekonomicznych procesu.

Podobne badania przeprowadzono dla innej rudy, charakteryzującej się obecnością pewnej ilości lepiszcza ilastego wiążącego drobne ziarna substancji użytecznej. Ze względu na znaczną sypliwość rudy i niewielką zwięzłość ziarn powstałych podczas urabiania, wykonano rozmywanie tylko dla klasy ziarnowej 18 - 0 mm. Każdy produkt rozmywania poddawano przesiewaniu na mokro z jednoczesnym przemywaniem wodą z natrysków. Sposób ten może znaleźć zastosowanie również w warunkach przemysłowych gdyż jest wygodny i daje dobre wyniki. Otrzymany w wyniku przesiewania odsiew stanowi koncentrat pozbawiony substancji ilastej. Rezultaty przeprowadzonych doświadczeń ilustrują krzywe na rys. 6.

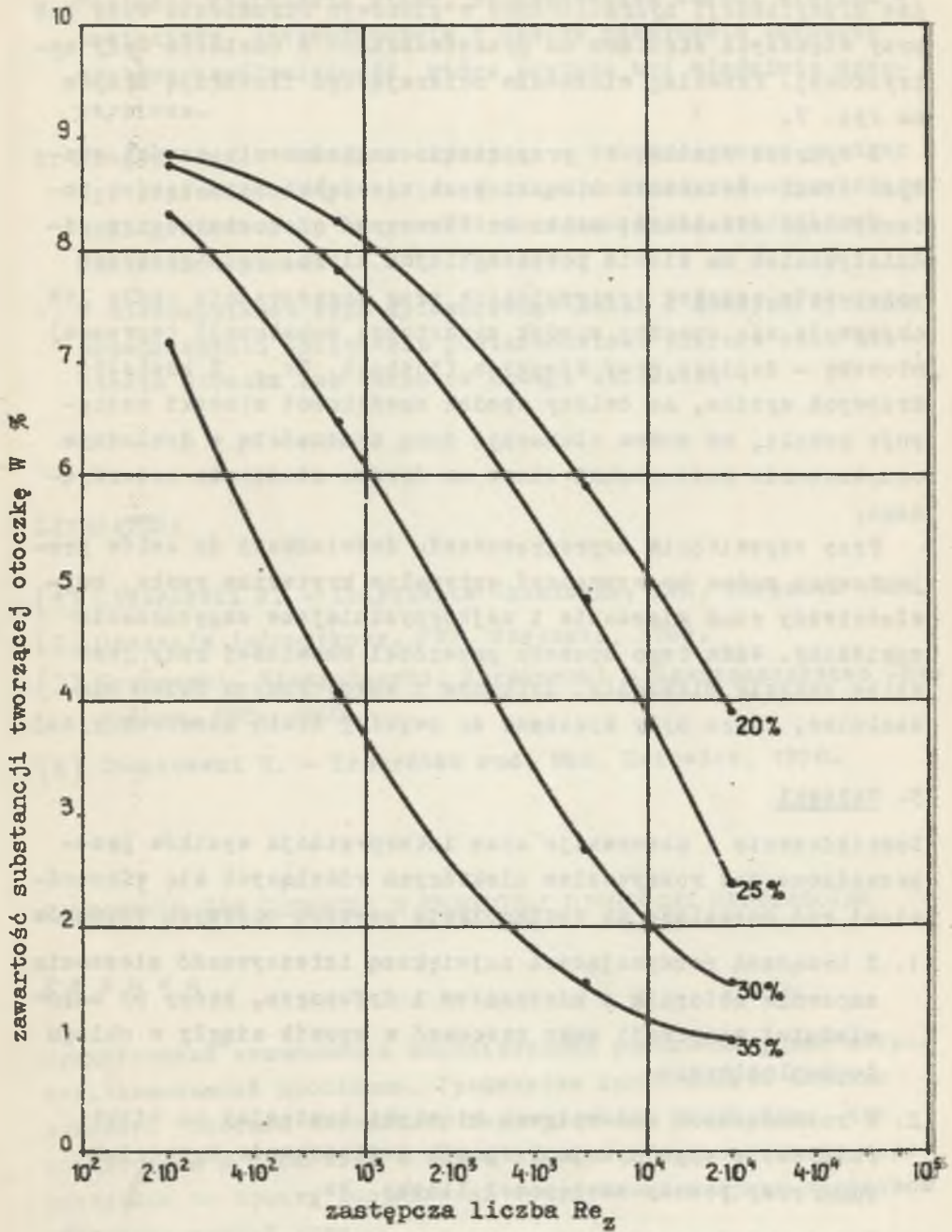
Z wykresu wynika, że już dla niewielkich intensywności mieszania można uzyskać dobre wyniki rozmywania i z tym związanego wzbogacania, pod warunkiem stosowania niewielkich zagęszczeń zawiesiny. Taką interpretację potwierdza nieznaczny tylko wzrost zawartości składnika użytecznego w koncentracie otrzymanym po przekroczeniu $Re_z = 2000$ dla 15%-owego zagęszczenia zawiesiny.

W przypadku projektowania wzbogacania rudy o takich własnościach na drodze rozmywania i klasyfikacji, należałoby przedtem zaprogramować badania podobnie jak dla przykładu z surowcem wyżej omówionym. Wyznaczenie optymalnych parametrów rozmywania na drodze doświadczałnej może stanowić gwarancję prawidłowej pracy projektowanego układu.

Innym przykładem zastosowania intensywnego mieszania jako operacji przed wzbogacaniem może być ścieranie otoczki pewnego związku chemicznego z powierzchni ziarn innego mniej ściernego minerału. Celem procesu przerobczego jest usunięcie otoczki z ziarn i wydzielanie jej ze zbioru, jest to możliwe na dro-



Rys. 6. Wpływ liczby Re_z na zawartość składnika użytecznego β przy różnych zagęszczeniach części stałych po 4-minutowym okresie rozmywania



Rys. 7. Wpływ liczby Re_z na zawartość substancji tworzącej otoczkę ziarn w koncentracie przy różnych zagęszczeniach części stałych po 8-minutowym okresie mieszania

dze klasyfikacji hydraulicznej w pionowym strumieniu wody lub przy większych stratach na przesiewaczach z udziałem wody natryskowej. Przebieg mieszania ocierającego ilustrują krzywe na rys. 7.

Z wykresu wynika, że przy niskim zagęszczeniu części stałych efekt ocierania otoczki jest niewielki mimo bardzo intensywnego mieszania; można to tłumaczyć niedostatecznym oddziaływaniem na siebie poszczególnych ziarn. Przy gęstszym upakowaniu cząstek występujących przy zagęszczeniu około 35% obserwuje się znaczny spadek zawartości substancji tworzącej otoczkę – dopiero przy wysokich liczbach Re_z . Z kształtu krzywych wynika, że dalszy spadek zawartości otoczki następuje powoli, co można tłumaczyć dużą trudnością w dokładnym oczyszczeniu powierzchni ziarn na drodze mieszania ocierającego.

Przy odpowiednim zaprogramowaniu doświadczeń do celów projektowych można by wyznaczyć optymalne kryterium ruchu, właściwszy czas mieszania i najkorzystniejsze zagęszczenie zawiesiny. Wadą tego sposobu przeróbki omawianej rudy jest silne zużycie mieszadła, dyfuzora i wewnętrznych ścian mieszalnika, które były wykonane ze zwykłej stali konstrukcyjnej.

5. Wnioski

Doświadczenia i obserwacje oraz interpretacja wyników przeprowadzone nad rozmywaniem niektórych różniących się właściwościami rud pozwalają na wyciągnięcie pewnych ogólnych wniosków:

1. Z urządzeń rozmywających największą intensywność mieszania zapewnia zbiornik z mieszadłem i dyfuzorem, który po odpowiedniej adaptacji może pracować w sposób ciągły w obiegu technologicznym.
2. W rozważaniach nad wpływem kinetyki zawiesiny na efekt rozmywania wygodnym jest sposób definiowania kryterium ruchu przy pomocy zastępczej liczby Re_z .
3. W celu właściwego wykorzystania efektów rozmywania należy poprawnie dobrać metodę wzbogacania rozluźnianych składników.

4. Pomiedzy wielkoscia ziarn, zagęszczeniem części stałych w zawieszynie, intensywnoscia i czasem rozmywania zaobodzi wyraźna współzależność, która powinna być właściwie wykorzystana.
5. Projektowanie układu rozmywająco - wzbogacającego powinno być poprzedzone wykonaniem szeregu doświadczeń odpowiednio zaprogramowanych, co pozwoli na wyznaczenie optymalnych parametrów procesu.
6. W mieszalnikach typu dyfuzorowego można z dobrymi wynikami przeprowadzić obcieranie powierzchniowe ziarn w celu usunięcia otoczki lub narostów oboego minerału.

LITERATURA

- [1] Ciborowski J. - Inżynieria Chemiczna, PWN, Warszawa 1965.
- [2] Operacje jednostkowe, PWT, Warszawa, 1960.
- [3] Krakowski, Niewiadomski, Żurakowski - Maszynoznawstwo Chemiczne, PWT, 1960,
- [4] Czarkowski H. - Przeróbka rud, WGH, Katowice, 1958.

РАЗМЫВАНИЕ КАК ОПЕРАЦИЯ В НЕКОТОРЫХ ПРОЦЕССАХ ПЕРЕРАБОТКИ

Р е з ю м е

Представлено возможности использования размывания, как операции, замещающей дробление. Графически представлено влияние зрнового состава материала, подвергаемого размыванию, его концентрации в суспензии а также времени и интенсивности перемешивания на эффект разрыхления соединённых вязущим веществом составных частей руды.