

Andrzej SIENKIEWICZ
ZBiPM "C U P R U M"
Zakład Przeróbki Rud

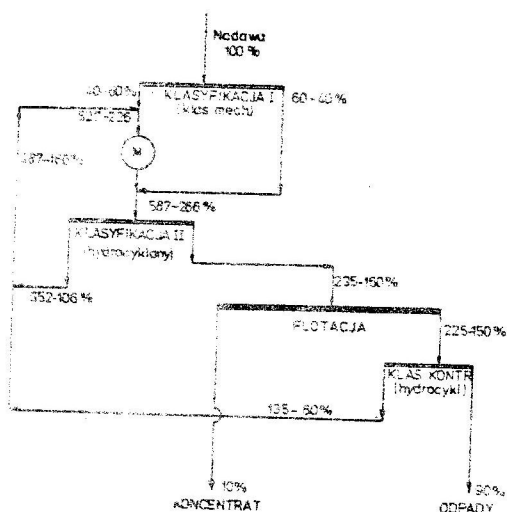
OCENA MOŻLIWOŚCI ELIMINACJI BARDZO DROBNYCH ZIARN Z PROCESU WZBOGACANIA RUD MIEDZI W LGOM

W referacie omówiono problemy związane z klasyfikacją rudy w hydrocyklonach zakładów wzbogacania LGOM, oraz podano wyniki prób przeprowadzonych na stanowisku doświadczalnym w ZWR Polkowice wraz z próbą interpretacji uzyskanych wyników:
Prace na stanowisku doświadczalnym znajdują się w pełnym toku, a więc w referacie przedstawiono jedynie wyniki I etapu prób.

1.0. Wstęp

Klasyfikacja rudy i produktów przejściowych w Zakładach Wzbogacania LGOM jest jedną z głównych operacji warunkujących odpowiednie wyniki pracy zakładów. Niewłaściwie prowadzone operacje klasyfikacji oprócz pogorszenia końcowych wyników pracy Zakładu bywają przyczynami wystąpienia niełatwych do opanowania i uciążliwych trudności ruchowych. Trudności te polegają najczęściej na tzw. "zbyt małej wydajności pomp i małej przepustowości rurociągów" pojawiających się w różnych punktach procesu wzbogacania. W takich sytuacjach w okresach prac rozruchowych zakładów wzbogacania wymieniono agregaty pompowe na większe jednostki, sporadycznie wymieniano rurociągi stosując większe średnice, ale nie zawsze tą drogą osiągnęto oczekiwane wyniki. Wydaje się, że odpowiednim za taki stan rzeczy są zwykle układy klasyfikujące w Zakładach wzbogacania.

Na rys. 1 przedstawiono w uproszczeniu typowy schemat zakładu wzbogacania LGOM z wyeksponowanymi układami klasyfikującymi.



Rys. 1

Schemat sporządzono przy założeniu, że do przelewu klasyfikatorów lub hydrocyklonów może przejść 40-60% nadawy. Przyjmując, że wychód koncentratu z zakładu wzbogacania wynosi 10%, wychód odpadów 90%, oraz wychody wylewów 40-60% wyliczono wychody we wszystkich gałęziach schematu. Jak wynika z rys. 1 w pewnych gałęziach wychód może się zmieniać nawet dwukrotnie przy tych samych wychodach produktów końcowych i przy tej samej nadawie.

Układy pompowe przetłaczające produkty wzbogacania posiadają rezerwy zakładane przez projektantów i wynoszące 25-50% w stosunku do przepływu nominalnego. Ilość wody podawanej do procesu wzbogacania jest praktycznie stała, a więc zmiana nawrotów zmienia w szerokich granicach gęstości produktów. Jest to czynnikiem zmniejszającym skutki zmian wielkości nawrotów, a więc w pewnym sensie czynnikiem stabilizującym w sensie ruchowym. Zmiana gęstości produktów ma jednak wyraźny wpływ na technologiczne wskaźniki wzbogacania. Tak więc niestabilna lub nieprawidłowa praca układów klasyfikujących może powodować:

a) Przeciążenie układów pompowych - co przez obsługę jest często interpretowane jako spadek wydajności pomp, a prowadzi do przelewania zawiesiny rudy z wodą z różnych urządzeń technologicznych na posadzkę zakładu, co nie może polepszyć sytuacji wobec faktu, że ścieki powracają do procesu wzbogacania.

b) Zwiększenie ilości zawiesiny będącej w obiegu. Skrócenie czasów przebywania mętów w maszynach flotacyjnych, zwiększenie burzliwości

przepływów - co w konsekwencji prowadzi nieuchronnie do obniżenia uzysków operacyjnych, a w końcu i do obniżenia uzysku całkowitego.

Należy jednak zwrócić uwagę, że nawet doceniając wpływ klasyfikacji na stabilność pracy i efekty technologiczne zakładu wzbogacania służba technologiczna i obsługa zakładu najczęściej nie jest w stanie interweniować w sposób zaplanowany tak, aby uzyskać pożądany skutek. Działanie w takich sytuacjach nawet obecnie po przeszło 10-cio letnim okresie pracy zakładów opiera się na tzw. "wyczuciu" i wymaga niekiedy kilkakrotnej interwencji w różnych punktach procesu. Przyczyną takiego stanu rzeczy są bardzo ograniczone możliwości eksperymentu czynnego na skalę przemysłową. Wszystkie zakłady wzbogacania posiadają ustalone wskaźniki techniczno-ekonomiczne, których przestrzeganie należy do podstawowych obowiązków kierownictwa, uniemożliwiając prowadzenie eksperymentów na szeroką skalę.

2.0. Opis stanowiska badawczego

Celem zapewnienia możliwości czynnego eksperymentu w najszerszych granicach w odniesieniu do układów klasyfikacyjnych w hydrocyklonach, zrealizowano stację prób hydrocyklonów w ZWR Polkowice. Stację tę wykonano wg projektu pracowni PG-5 "Cuprum" z inicjatywy Zakładu Przeróbki Rud przy czynnym współudziale Zakładu Automatyzacji ZBiPi "Cuprum" i ZD "Cuprum", oraz stałym zaangażowaniu Kierownictwa i Służby Głównego Technologa ZWR Polkowice. Stację prób hydrocyklonów ustawiono ponad niewykorzystaną w procesie produkcyjnym komorą rząpia i obiegi poprowadzono tak, aby uzyskać przepływ kołowy: z rząpia poprzez hydrocyklony na powrót do rząpia. Stację wyposażono w następujące urządzenia:

- a) Pompę Denver 10" x 8" napędzaną silnikiem prądu stałego typu Pxb 94 a N = 75 kW n = 1500 obr./min. o zmiennej prędkości obrotowej w sposób ciągły od 300 do 1500 obr./min.,
- b) Hydrocyklon HC 350/20° i HC 500/20° zasilane wspólnym rurociągiem i odcinane zasuwami klinowymi,
- c) Przepływomierz indukcyjny na rurociągu nadawy,
- d) Gęstościomierz izotopowy na rurociągu nadawy,
- e) Gęstościomierz izotopowy na rurociągu przelewu,
- f) Manometr na rurociągu nadawy.

Ponadto przewidziano możliwość pobrania prób nadawy i produktów klasy-

fikacji. Do rząpia należy wprowadzić produkt, który ma być nadawą do badanych hydrocyklonów.

Należy tu nadmienić, że pompa Denver wymaga w czasie pracy ciągłego dopływu wody do dławicy, która po upływie pewnego czasu zwiększa ilość cieczy będącej w obiegu, a zarazem zmniejsza jej gęstość. Jest to sytuacja przymusowa w konkretnej sytuacji, ale dla oceny zmian uziarnienia i gęstości przed każdą serią pomiarów pobierano nadawę, celem wykonania analizy sitowej, oraz ustalono gęstość nadawy. Przed przystąpieniem do prób w następnym dniu zlewano lewarem część wody z góry rząpia, a następnie przy pomocy sprężonego powietrza uzyskiwano zawieszinę o gęstości zbliżonej do materiału wprowadzonego do rząpia.

Uziarnienie nadawy przedstawiono w odpowiednich tabelach.

3.0. Przygotowanie prób i obliczenia

3.1. Jednym z głównych parametrów charakteryzujących hydrocyklony jest wychód wylewu ... γ_w . Różnica $100 - \gamma_w$ - jest wychodem przelewu. Wychód wylewu wyliczano z zależności:

$$\gamma_w = \frac{a_w - 1000}{a_n - 1000} \cdot \frac{a_n - a_p}{a_w - a_p} \cdot 100 \%$$

Przyjęto oznaczenia: a_n , a_p , a_w - masa $1m^3$ zawiesziny: nadawy, przelewu, wylewu wyrażane w $/kg/m^3/$

3.2. Wychód wylewu można również obliczyć dysponując wychodami określonej klasy w nadawie i produktach hydrocyklonu w zależności:

$$\gamma_w = \frac{\gamma_{kn} - \gamma_{kp}}{\gamma_{kw} - \gamma_{kp}} \cdot 100 \%$$

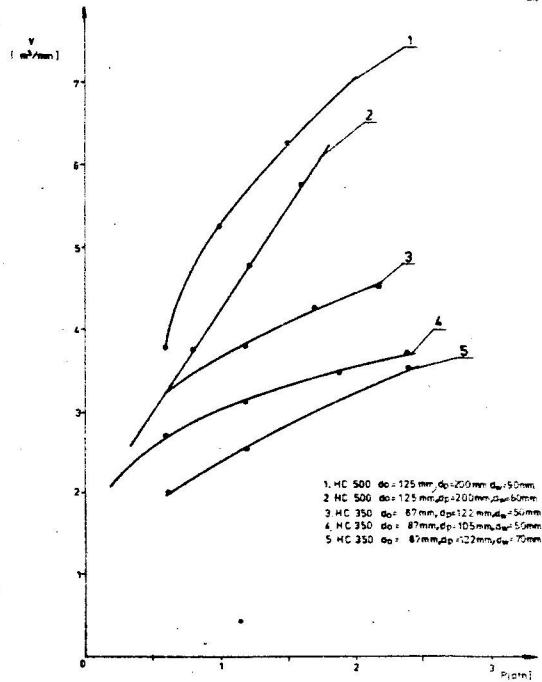
Przyjęto oznaczenia: γ_{kn} , γ_{kp} , γ_{kw} - wychody wybranej klasy w nadawie i produktach hydrocyklonu.

Przekształcając obie powyższe zależności uzyskujemy

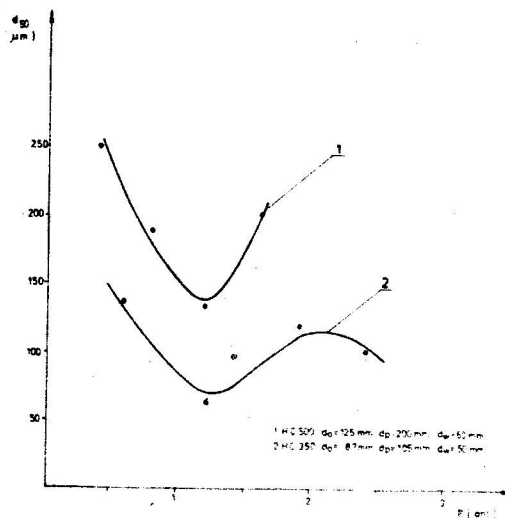
$$\gamma_{kw} = \frac{100}{\gamma_w} \cdot \frac{\gamma_{kn} - \gamma_{kp}}{\gamma_w} + \gamma_{kp}$$

$$\gamma_{kp} = \frac{100(\gamma_{kn} - \gamma_w \cdot \gamma_{kw})}{100 - \gamma_w}$$

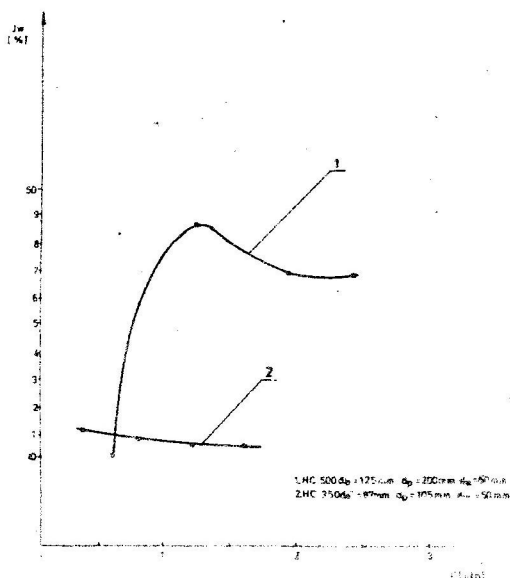
Wyniki przedstawiono na rysunkach: 2,3,4.



Rys. 2. Zależność przepustowości hydrocyklonów ϕ 500 i ϕ 350 od ciśnienia nadawy dla podanych dysz przelewowych i wylewowych



Rys. 3. Zależność d_{50} od ciśnienia nadawy dla hydrocyklonów ϕ 500 mm i ϕ 350 mm



Rys. 4. Zależność wychodu wylewu od ciśnienia nadawy dla hydrocyklonów ϕ 500 mm i ϕ 350 mm

W oparciu o powyższe uwagi i obliczenia przyjęto, że dla pełnej kontroli pracy hydrocyklonu konieczne są następujące pomiary:

- Gęstości nadawy i obu produktów hydrocyklonu;
- Ilości nadawy;
- Ciśnienia nadawy;
- Mocy czynnej silnika napędzającego pompę nadawy.

Wszystkie wyżej wymienione pomiary dokonywano dla różnych obrotów pompy. Po wstępnych próbach ustalono, że obroty będą zmieniane od 500 1/min do 800 1/min. Podany zakres zmian obrotów pozwalał na zastosowanie szerokiego przedziału zmian ciśnienia nadawy - wystarczającego do wyciągnięcia odpowiednich wniosków.

4.0. Program prób

4.1. Przystępując do pracy na stanowisku badawczym zamierzono znaleźć odpowiedź na następujące podstawowe pytania:

- Jaki jest wpływ ciśnienia nadawy na wydajność, ziarno podziałowe i gęstości produktów hydrocyklonu ϕ 350 i ϕ 500mm,
- Jaki jest wpływ gęstości nadawy na wydajność, ciśnienie nadawy, ziarno podziałowe, oraz gęstości produktów hydrocyklonu,

- c) Jaki jest wpływ zmian dysz hydrocyklonów na efekty ich pracy,
- d) Jakie wielkości konstrukcyjne lub technologiczne determinują rezultaty pracy hydrocyklonów,
- e) Który z licznej grupy wzorów pozwalających na obliczanie i dobór hydrocyklonów daje wyniki najbardziej zbliżone do osiągniętych wyników,
- f) Jaki jest wpływ zmian kąta zbieżności stożka na efekty pracy hydrocyklonów.

Odpowiedzi na postawione wyżej pytania można udzielić w oparciu o literaturę, jednak autorzy znanych publikacji z tej dziedziny nie są zgodni pomiędzy sobą co do wielkości wpływu różnych parametrów technologicznych i konstrukcyjnych na efekty pracy hydrocyklonów. Zderzają się wypowiedzi, w których autorzy przekonują, że tylko konstruktor hydrocyklonu może podać zależności opisujące jego działania, wzory te jednak nie będą opisywały zjawiska rozdziału w hydrocyklonach innej konstrukcji.

4.2. W tej sytuacji łatwo można sobie wyobrazić trudności zarówno projektantów układów klasyfikacyjnych w hydrocyklonach Zakładów Wzroglania LGOM, jak również służby technologicznej istniejących Zakładów. Zagadnienie to omówiono szerzej w punkcie 1.0.

4.3. W pierwszym etapie rzapie stacji prób napełniono produkt stanowiącym przelew klasyfikatorów zwojowych I ciągu produkcyjnego W. Polkowice. Produkt ten w procesie produkcyjnym podlega klasyfikacji w hydrocyklonach $\varnothing 500$. Wylew hydrocyklonów powraca do młynów, natomiast stanowi nadawę do flotacji wstępnej.

Opisany produkt poddano wielokrotnie klasyfikacji w hydrocyklonie $\varnothing 500$ i hydrocyklonie $\varnothing 350$ zmieniając:

- a) Ciśnienie nadawy,
- b) Gęstości nadawy,
- c) Dyszę przelewową hydrocyklonu $\varnothing 350$,
- d) Dyszę wylewową hydrocyklonów $\varnothing 350$ i $\varnothing 500$.

Wyniki pomiarów przedstawiono na rysunkach: 2,3,4.

5.0. Omówienie wyników

Ze względu na objętość referatu zamieszczono jedynie część uzyskanych wyników. Należy podkreślić, że materiał stanowiący nadawę do hydrocyklonów w omawianej serii pomiarów zwykle jest klasyfikowany w hydrocyklonach HC 500. Materiał klasyfikowany w hydrocyklonach HC 350

będzie przedmiotem dalszych badań, a więc ściśle wnioski z przedstawionych wyników można wyciągnąć jedynie dla hydrocyklonów $\varnothing$ 500, natomiast dla hydrocyklonów $\varnothing$ 350 można jedynie mówić o wnioskach ogólnych.

Wyniki zestawione na załączonych wykresach przedstawiają najczęściej powtarzające się przebiegi klasyfikacji oraz przebiegi uzyskane przy nieprzerwanej prawidłowej pracy urządzeń stacji. Pomimo faktu, że stosowano ciągle ten sam materiał zwraca uwagę zmiana jego uziarnienia w nadawie do HC 350 w stosunku do nadawy do HC 500. Próby z HC 500 były prowadzone w pierwszej kolejności, a więc zmianę uziarnienia można wyjaśnić rozdrabnianiem materiału w trakcie przetwarzania oraz częściowym odprowadzeniem najdrobniejszych ziarn przy zlewaniu nadmiaru wody z rząpia.

Dzięki współpracy ze służbą Głównego Technologa ZWR Polkowice realizuje się obecnie zasilanie rząpia odpowiednią nadawą. Pozwoli to na wymianę materiału poddawanego klasyfikacji w dowolnej chwili i usunie zjawisko zmian uziarnienia na skutek wielokrotnej recykulacji.

6.0. Wnioski

a) Przepustowość hydrocyklonu $\varnothing$ 350 wyposażonego w dysze $d_0 = 87$ mm, $d_p = 105$ mm, $d_w = 50$ mm zmienia się od ok. 2,5 do ok. $3,5 \text{ m}^3/\text{min}$ przy zmianach ciśnienia od 0,6 - 2,4 atn. (rys. 2).

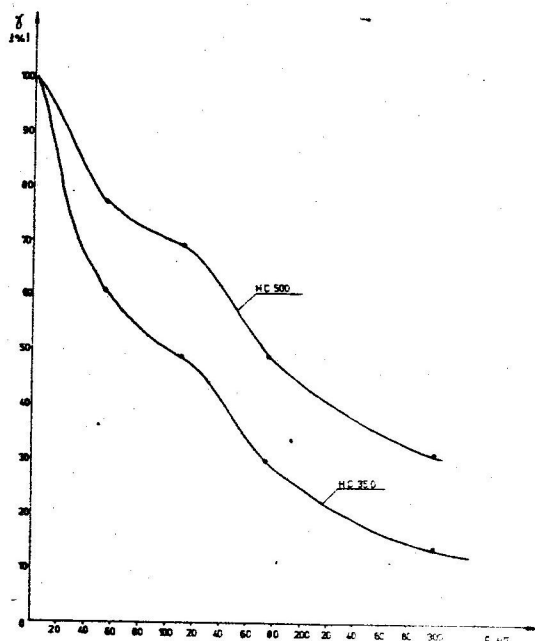
b) Zwiększenie dyszy przelewowej d_p ze 105 mm na 122 mm zwiększa przepustowość do zakresu od ok. 3,2 do ok. $4,5 \text{ m}^3/\text{min}$ przy zmianach ciśnienia od 0,6 - 2,2 atn. (rys. 2).

c) Przepustowość hydrocyklonu $\varnothing$ 500 wyposażonego w dysze: $d_0 = 125$ mm, $d_p = 200$ mm, $d_w = 60$ mm zmienia się od ok. 2,8 do ok. $5,8 \text{ m}^3/\text{min}$ przy zmianach ciśnienia od 0,4 - 1,6 atn. (rys. 2).

d) Dla materiału sprecyzowanego na załączonych tabelach ziarno podziałowe zmienia się w stosunkowo szerokich granicach osiągając wartość najniższą ($134 \mu\text{m}$) dla ciśnienia nadawy na HC 500 równego 1,20 atn. - rys. 3. Dla ciśnień większych i mniejszych od podanej wartości ziarno podziałowe rośnie. Przepustowość HC 500 dla ciśnienia 1,2 atn. i $d_w = 60$ mm wynosi ok. $4,7 \text{ m}^3/\text{min}$ - (rys. 2).

e) Dla tego samego materiału jednak rozdrobnionego na skutek przetwarzania, ziarno podziałowe dla HC 350 również zmienia się w szerokich granicach jednak jest najmniejsze ($63 \mu\text{m}$) dla ciśnienia nadawy 1,2 atn. (rys. 3). Dla ciśnienia 1,2 atn. przepustowość HC 350 wynosi $3,0 \text{ m}^3/\text{min}$ - rys. 2 (dla $d_p = 105$ mm i $d_w = 50$ mm).

f) Zbyt mała ilość wyników uzyskanych z badań wpływu zmian dysz wylewowych oraz proporcji pomiędzy dyszami nie pozwala na pełną interpretację. Wyniki pomiarów parametrów pracy hydrocyklonów HC 350 i HC 500 ze zmienianymi dyszami przelewowymi i wylewowymi przedstawiono na rys. 5. Wyniki te jednak należy traktować jako wstępne.



Rys. 5. Uziarnienie nadawy do hydrocyklonów $\varnothing$ 350 i $\varnothing$ 500 w stacji prób.

g) Wszystkie przeprowadzone badania wykazały, że zagęszczenie wylewu hydrocyklonów wzrasta szybko wraz ze wzrostem ciśnienia nadawy aż do chwili uzyskania ciśnienia (mierzonego na wlocie hydrocyklonu) ok. 1,2 atn. Przy dalszym wzroście ciśnienia nadawy wzrost zagęszczenia wylewu jest znacznie wolniejszy. Bezwzględna wielkość zagęszczenia zależy głównie od proporcji pomiędzy dyszami hydrocyklonu i od ciśnienia nadawy, a w znacznie mniejszym stopniu od gęstości nadawy.

h) Nawet w oparciu o dotychczas wykonane badania można postawić tezę, że większość hydrocyklonów w ZWR KGHM pracuje przy zbyt niskim ciśnieniu nadawy. Wynikiem tego jest zmienne ziarno podziałowe hydrocyklonów i znaczne wahania w ilościach i wychodach obu produktów klasyfikacji. Jako zalecenia dotyczące pracujących układów należy wymienić:
- na HC 500 ze zwykle stosowanymi dyszami należy kierować nie mniej niż $4,5 \text{ m}^3/\text{min}$ nadawy, ciśnienie na wlocie winno wynosić ok. 1,2 atn.

- na HC 350 ze zwykle stosowanymi dyszami należy kierować nie mniej niż $3,0 \text{ m}^3/\text{min}$ nadawy. Ciśnienie na wlocie winno wynosić ok. 1,2 atn.

Należy się spodziewać, że na pewnych stanowiskach pompowych zajdzie konieczność zwiększenia obrotów pomp celem uzyskania wymaganego ciśnienia, wydaje się jednak, że w artykule wykazano, iż zwiększenie ilości hydrocyklonów pracujących w danej baterii powyżej wartości wynikającej z minimalnej zalecanej przepustowości urządzenia, prowadzi do efektów odwrotnych niż by należało oczekiwać.

Wobec tego urządzeniem, które najszybciej może określić prawidłowość pracy hydrocyklonu jest manometr zabudowany na rurociągu tłocznym przed wlotem do danego hydrocyklonu.