

Janusz Wójtowicz, Wojciech Wasilewski
Renat Bortel

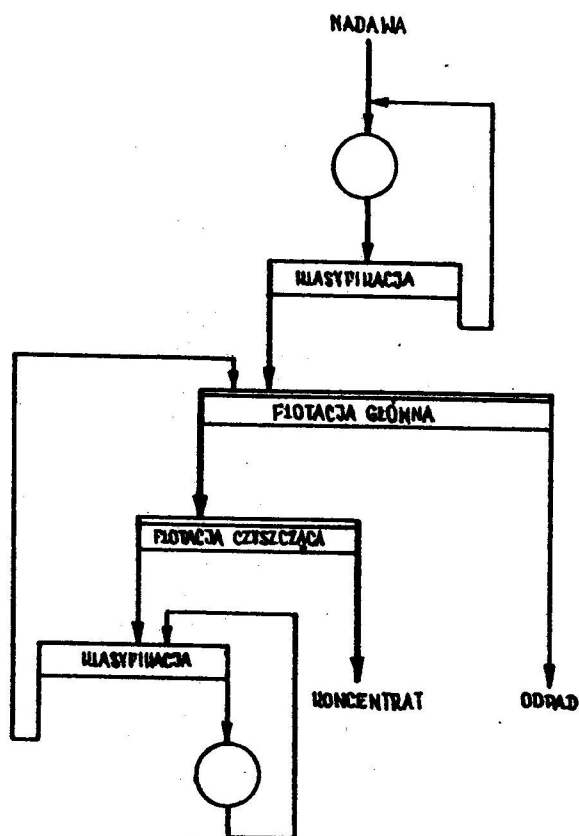
Instytut Metali Nieżelaznych
Gliwice

Sylwester Kamiński
Zakład Górniczy Lubin

ZAGADNIENIE OBIEGU PRODUKTÓW PRZEJŚCIOWYCH W PROCESIE FLOTACJI RUD MIEDZI

Wzbogacanie rud metodą flotacji prowadzi w każdym przypadku do otrzymania produktów przejściowych. Powstają one w wyniku oczyszczania koncentratów, jako odpady operacji czyszczenia. Do produktów przejściowych zalicza się także ubogie koncentraty otrzymywane w końcowym etapie flotacji rudy (w tzw. flotacji kontrolnej). Produkty te są z reguły materiałem najtrudniej wzbogacalnym, składającym się z dużej części zrostów i impregnacji. Zawierają one także znaczne ilości materiałów płonnych i użytecznych lecz niepożądanych w koncentracie, np. piryt, łupki bitumiczne, które posiadając naturalną hydrofobowość lub nabywając ją pod działaniem odczynników flotacyjnych, przedostają się do produktu pianowego, obniżając jego jakość i utrudniając czyszczenie.

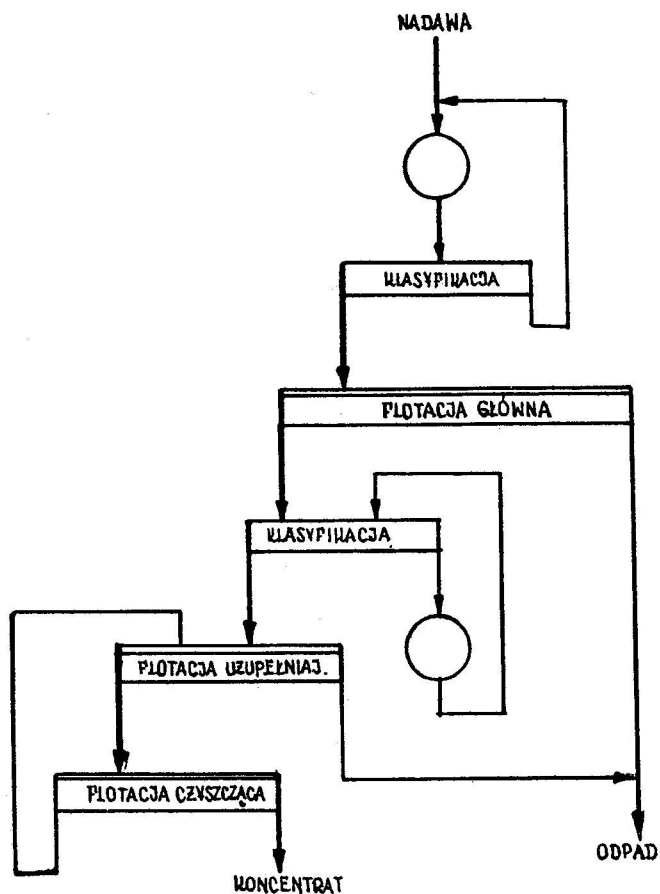
W przypadku flotacji monometalicznych rud miedzi dalszy przerób produktów przejściowych rozwiązywany jest na ogół dwoma sposobami: jeden polega na zawróceniu produktów do czoła flotacji głównej, gdzie razem ze świeżą rudą produkty te poddawane są flotacji, po której część ich trafia do odpadów końcowych. Przykładowy schemat takiego rozwiązania przedstawia rys. 1. W niektórych przypadkach



Rys. 1. Schemat flotacji z zawrotem produktów przejściowych do czoła flotacji

produkt przejściowy poddaje się, przed jego skierowaniem do czoła flotacji, klasyfikacji i domieleniu w obrębie I mielenia.

Drugie rozwiązanie polega na domieleniu całości surowego koncentratu lub też odpadów pierwszego stopnia czyszczenia z następnym intensywnym flotowaniem produktów przejściowych, aż do otrzymania odrębnych odpadów końcowych z produktów przejściowych. Przykładowy schemat przedstawiono na rys. 2. Właściwy wybór schematu obiegu produktów przejściowych zależy od szeregu czynników. Każdy z ukła-



Rys. 2. Schemat flotacji z oddzielnym wzbogacaniem produktów przejściowych

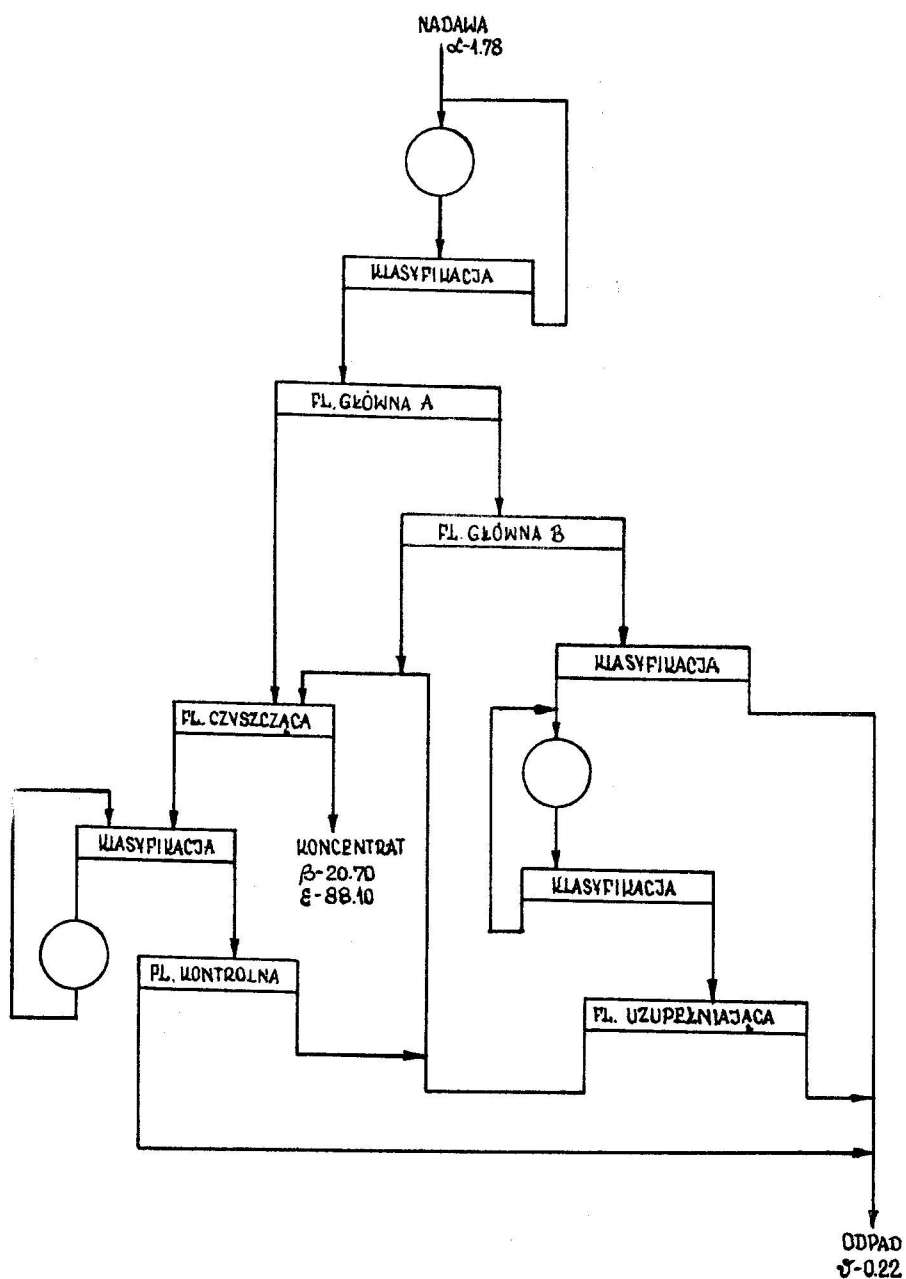
dów ma swoje dodatnie i ujemne strony. W przypadku rudy miedzi, której skałę płonną stanowią np. porfiry o niskiej zawartości materiałów ilastych korzystniej będzie zawrócić produkty przejściowe do czoła flotacji. Zawarte w nich odczynniki flotacyjne zostaną wykorzystane w trakcie flotacji, prowadząc w efekcie do obniżenia ich zużycia, zaś drobne ziarna minerałów użytecznych zawarte w produktach przejściowych mają możliwość selektywnie sflokulować na grubych ziarnach siarczków pochodzących ze świeżej rudy i przejść do koncentratu. W tym przypadku pożą-

danym jednak jest, aby ilość skały płonnej przechodząca do produktu pianowego i tym samym ilość krążącego półproduktu pianowego i tym samym ilość krążącego półproduktu była możliwie mała. Warunek ten jest trudny do spełnienia dla rud zailonnych lub zawierających inne składniki łatwo flotujące jak piryty czy bituminy. W takim przypadku ilość krążących produktów przejściowych nadmiernie wzrasta, zaś skierowanie tych produktów do początku flotacji świeżej rudy może utrudnić osiągnięcie maksymalnego uzysku minerałów użytecznych. W tym przypadku częściej wybierany jest schemat z oddzielną przeróbką produktów przejściowych.

Krajowe rudy miedzi charakteryzują się bardzo drobno ziarnistą mineralizacją, nie pozwalającą osiągnąć pełnego rozluźnienia minerałów użytecznych od skały płonnej, co w konsekwencji prowadzi do flotacji zrostów i impregnacji. Ponadto rudy te zawierają znaczne ilości łupków ilasto-bitumicznych o naturalnej hydrofobowości.

Obydwie te cechy powodują, że surowe koncentraty flotacyjne są ubogie, a oczyszczenie ich prowadzi do wytworzenia znacznej ilości produktów przejściowych. Produkty te flotując wielokrotnie w intensywnie prowadzonym procesie, narastają w obiegu, odpadając i tak w ostatecznym czyszczeniu. Utrudnia to prowadzenie procesu flotacji, jak również osiągnięcie wysokich wskaźników technologicznych. Ze względu na dobrą mineralizację rud, zasadnicze schematy wzbogacania zakładały flotację dwustadialną. Wydawało się, że produkty przejściowe mogą być najkorzystniej skierowane do II stadium flotacji, po uprzednim domieleniu ich i odflotowaniu uwolnionych ziarn siarczków w tzw. II flotacji czyszczącej. W przypadku schematu polkowickiego część produktu przejściowego po tej flotacji stanowiła odpad końcowy (rys. 3).

Jednakże prowadzone w skali półtechnicznej badania nad możliwością podwyższenia jakości koncentratów, w których



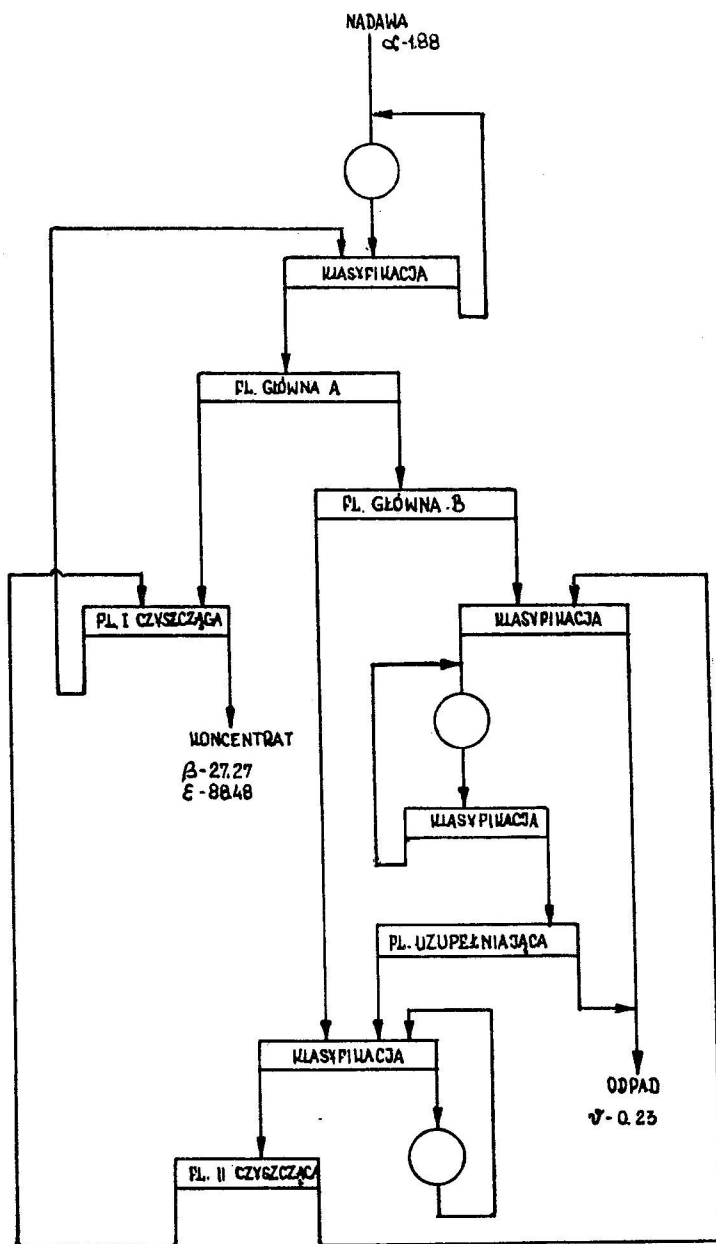
Rys. 3. Schemat projektowy flotacji rudy polkowickiej i wskaźniki uzyskane w próbach półtechnicznych

jedna z alternatyw obejmowała skierowanie odpadów I czyszczenia do czoła flotacji (rys. 4), pozwoliły wykazać, że rozwiązanie takie - wprawdzie prowadzi do pokaźnego zawrotu jednak w konsekwencji pozwala osiągnąć wyższe wskaźniki wzbogacania.

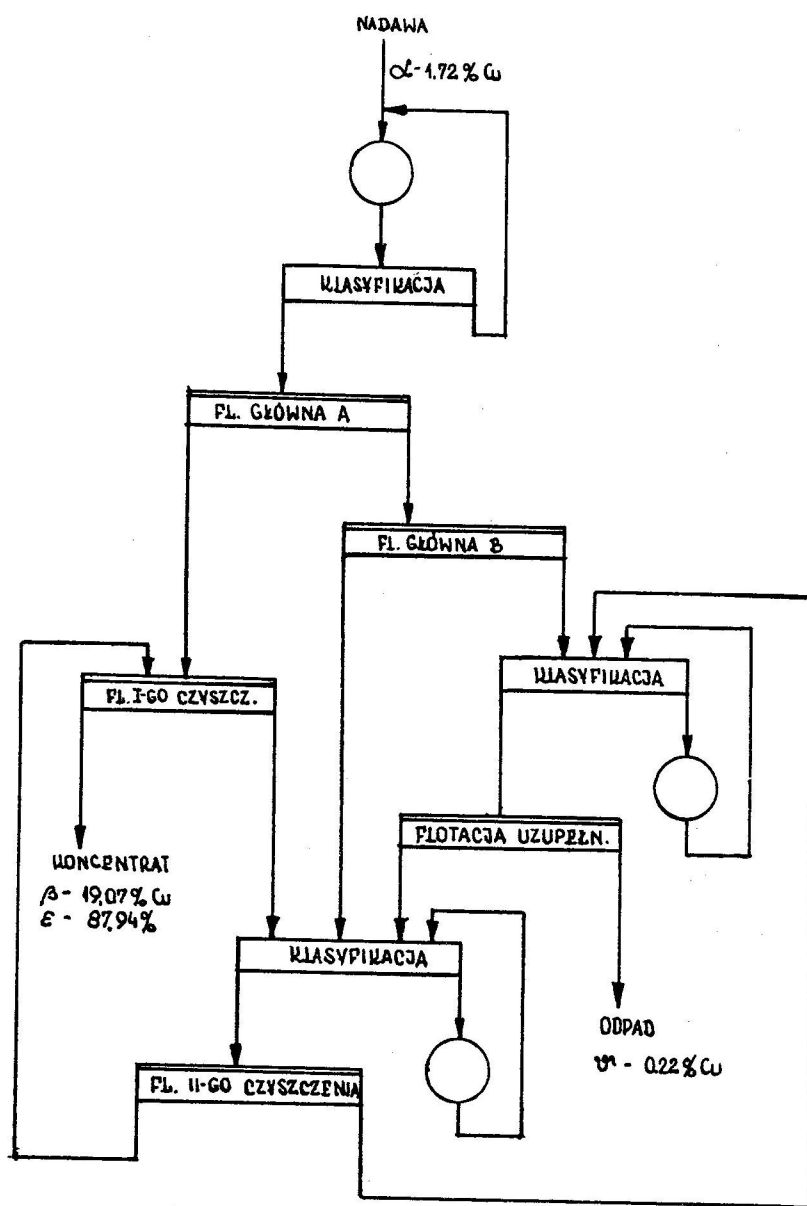
W przypadku podobnych prób dla rudy Kop. Lubin, osiągnięto podobny rezultat.

Zawrót odpadów pierwszego czyszczenia (rys. 6) pozwolił otrzymać bogatszy koncentrat przy równorzędnym uzysku z uboższej nadawy w porównaniu do schematu klasycznego (rys. 5). Korzyści wynikające z zawrotu odpadów I czyszczenia do czoła flotacji, uzyskano wyraźniejsze dla rudy polkowickiej niż w przypadku rudy lubińskiej. Przypuszczalnie przyczyną tego jest znaczna zawartość skały piaskowcowej w rudzie lubińskiej. W wyniku tych prób zawrót odpadów I czyszczenia do czoła flotacji wprowadzano do schematu technologicznego II ciągu ZPR Polkowice, natomiast w ZPR Lubin zmiana taka stała się aktualna po zastosowaniu wydzielenia łupków i wapieni od piaskowca po młynie prętowym w trakcie klasyfikacji w klasyfikatorze spiralnym. Dzięki temu umożliwiono flotację piaskowca oddzielnie od skał węglanowych. Czyszczenie koncentratów odbywa się jednak wspólnie. Otrzymuje się zatem wspólne dla obydwu rodzajów rud produkty przejściowe, które można byłoby skierować do flotacji wapieni i łupków. Dla stwierdzenia takiej możliwości wykonano próby laboratoryjne flotacji na produktach pobranych z zakładu przemysłowego.

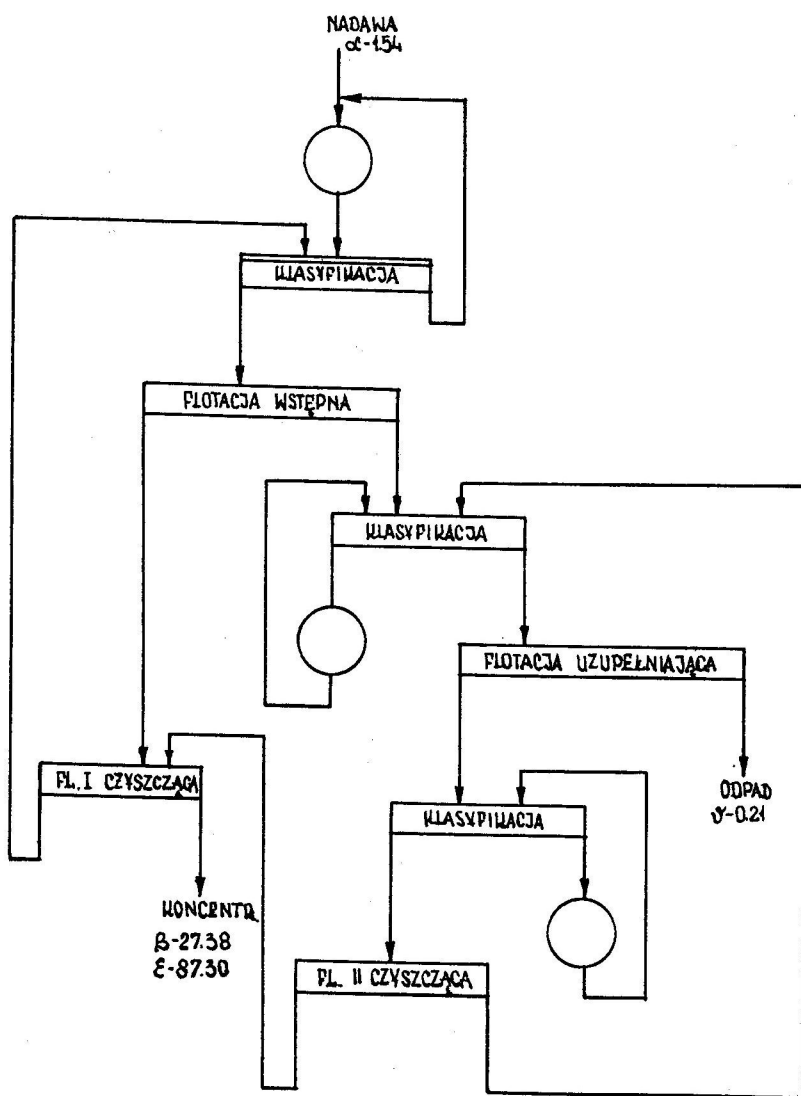
Produktami były: zmielona nadawa na flotację główną łupków i wapieni oraz domielona nadawa flotacji II czyszczącej. Proporcje tych produktów dobrano zgodnie ze schematem ilościowym zakładu przemysłowego, gdzie udział świeżej nadawy wynosił ok. 60%, a produktów przejściowych ok. 40%. Próby wykonano w dwóch wariantach, stosując rozdzielną flotację produktów przejściowych i nadawy głównej oraz



Rys. 4. Schemat flotacji rudy polkowickiej z zawrotem odpadu I czyszczenia do czoła flotacji i wskaźniki uzyskano w próbach póltechnicznych



Rys. 5. Schemat projektowy flotacji rudy lubińskiej i wskaźniki uzyskane w próbach pórtechnicznych



Rys. 6. Schemat rudy lubińskiej z zawrotem odpadu I czyszczenia do czoła flotacji i wskaźniki uzyskane w próbach półtechnicznych

flotację wspólną. Rys. 7 i 8 przedstawiają warunki i uzyskane wyniki tych prób.

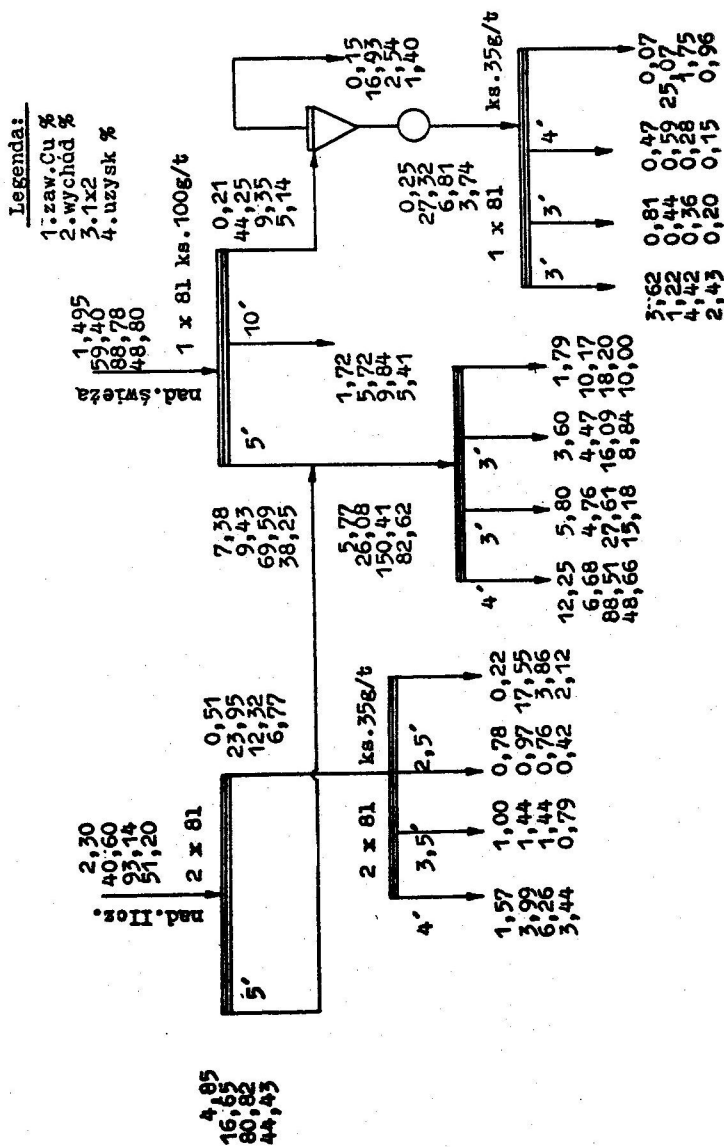
Dla oceny uzyskanych wyników wymagane było, aby suma koncentratów końcowych, odpadów - pod względem wychodów i uzysków miedzi odpowiadała wartościom wprowadzonej nadawy flotacji głównej, natomiast koncentraty pośrednie i odpady czyszczenia winny odpowiadać wprowadzonemu produktowi przejściowemu. Stanu takiego nie osiągnięto, gdyż wychód odpadów końcowych był wyższy od ilości wprowadzonej nadawy (bez produktu przejściowego).

Wynikło to stąd, że w warunkach flotacji laboratoryjnej odbiera się rzeczywisty produkt pianowy. W warunkach przemysłowych do produktu pianowego trafia niejednokrotnie część niewzbogaconej rudy wraz z niezamierzonym przelewem maszyn flotacyjnych. Materiał ten trafia do produktów przejściowych.

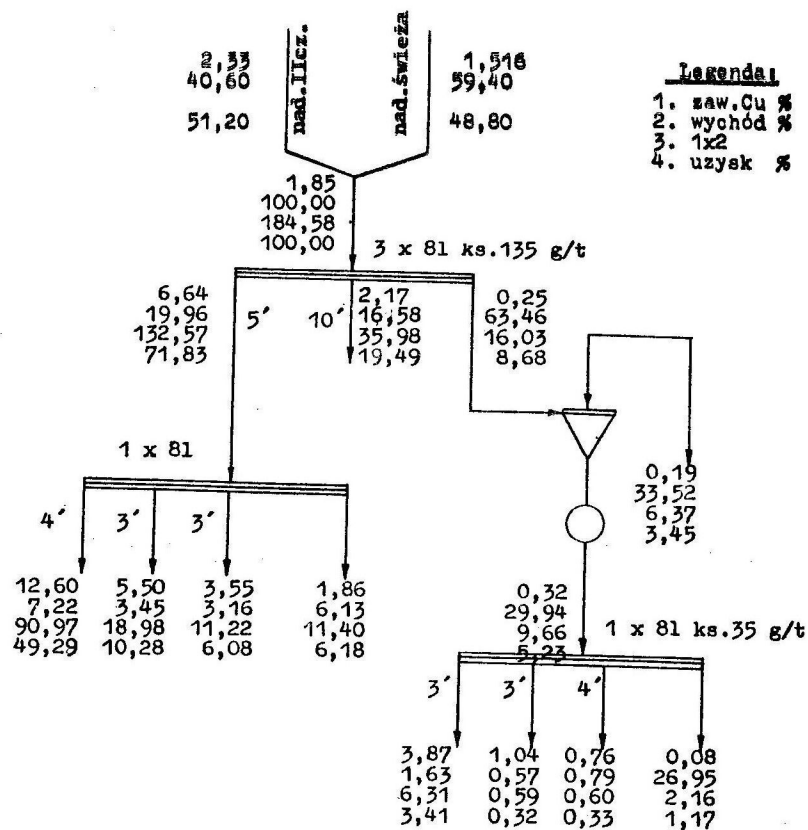
We flotacji laboratoryjnej materiał ten wyprowadzono w odpadach z produktu przejściowego.

Aby umożliwić zbilansowanie wyników posłużono się graficzną metodą określenia wskaźników produktów końcowych. W tym celu wykreślono krzywe wzbogacalności nanosząc sumy uzysków na osi y i wychodów na osi x , kolejnych ubożających produktów otrzymanych w próbach laboratoryjnych. Wartości uzysków i wychodów obliczone były w procentach w stosunku do sumy wprowadzonych do flotacji materiałów łącznie z użytymi produktami przejściowymi.

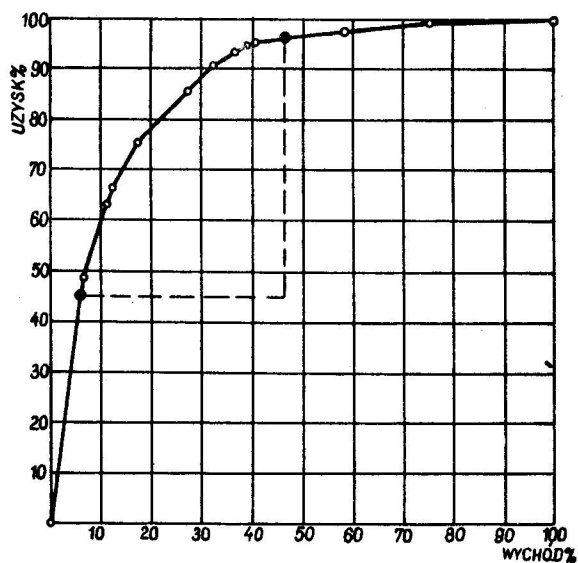
Określenie wychodów i uzysków produktów końcowych osiągnięto przez wycięcie z środkowej części krzywej wartości produktów przejściowych wprowadzonych do próby flotacji. Istnieją tylko dwa punkty na wykreślanej krzywej, których różnice wartości uzysków i wychodów równają się uzyskowi i wychodowi wprowadzonego do próby produktu przejściowego (w stosunku do całości wprowadzonych produktów). Zatem znalezienie tych punktów jednocześnie określa parametry (uzysku i wychodu) koncentratu i odpadów.



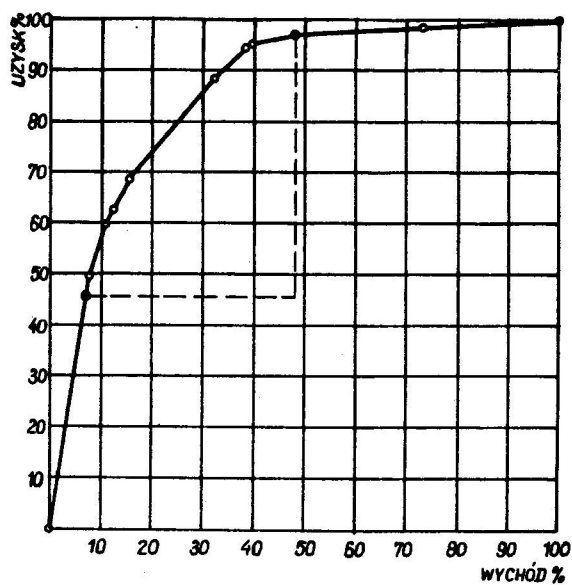
Rys. 7. Schemat i wyniki prób laboratoryjnych oddzielnej flotacji świeżej rudy i produktów przejściowych



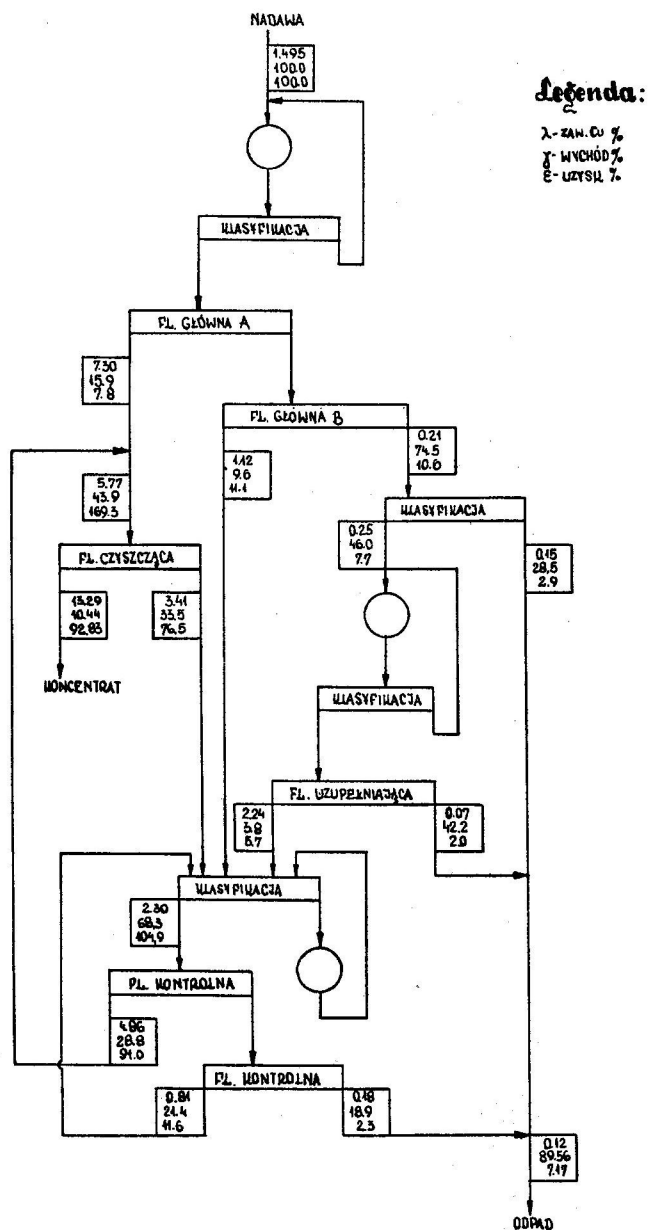
Rys. 8. Schemat i wyniki prób laboratoryjnych wspólnej flotacji świeżej rudy z produktami przejściowymi



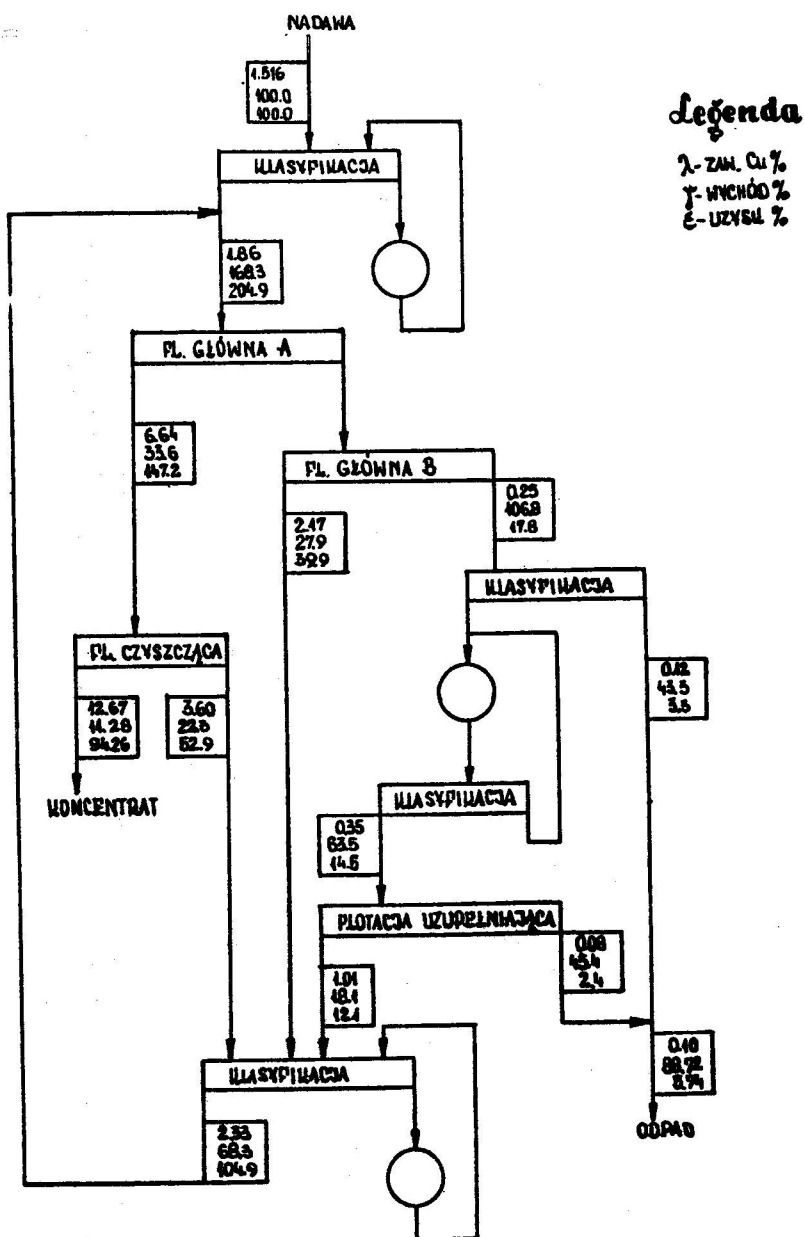
Rys. 9a. Krzywa wzbogacania świeżej rudy i produktów przejściowych flotowanych oddzielnie



Rys. 9b. Krzywa wzbogacania świeżej rudy i produktów przejściowych flotowanych wspólnie



Rys. 10. Schemat ilościowy obliczony na podstawie wyników oddzielnej flotacji świeżej rudy i produktów przejściowych



Rys. 11. Schemat ilościowy obliczony na podstawie wyników wspólnej flotacji świeżej rudy i produktów przejściowych

Krzywe wzbogacalności przedstawiono na rys. 9. Rys. 10 i 11 przedstawiają ilościowe schematy obydwu wersji uwzględniające określone wartości produktów końcowych, obliczone w stosunku do nadawy głównej. Wyniki te wykazują, że skierowanie produktów przejściowych do czoła flotacji pozwala osiągnąć lepsze wskaźniki technologiczne. Jest to uzasadnione tym, że produkty przejściowe niosą znaczne ilości odczynników zarówno pianotwórczego w roztworze jak też zbierającego zaadsorbowanego w większości na siarcz-
kach i bituminach.

Odrębna flotacja takiego produktu jest nieselektywna, prowadzi do przejścia znacznych ilości materiału do produktu pianowego, przy czym zawartość miedzi w odpadach jest dość wysoka. Natomiast zmieszanie półproduktu z nadawą wstępną obniża stężenie odczynnika pianotwórczego tak dalece, że możliwa jest regulacja jego stężenia przez odpowiedni dodatek tego odczynnika. Nie wykluczona jest również desorpcja ksantogenianu i odczynnika pianotwórczego z części bitumicznych, a także selektywna flokulacja drobnych siarczków pochodzących z półproduktu na grubszych ziarnach obecnych w nadawie. Obawy ujemnego działania składników ilastych na flotację wstępną wydają się nie mieć uzasadnienia, bowiem świeża ruda zawiera tych części na tyle dużo, że powiększenie ich ilości nie powinno spotęgować ujemnego wpływu, który niewątpliwie jest wywierany. Stwierdzenia te dotyczą rud łupkowo-wapiennych. W przypadku rudy piaskowcowej przerabianej w II etapie ZPR Lubin wykazano, że korzystniej jest przerabiać półprodukty w odrębnym cyklu.

Natomiast w ciągach w których przerabia się oddzielnie frakcję łupkowo-wapienną skierowano część produktów przejściowych do jednej maszyny flotacji głównej. Zaobserwowano, że nie powoduje to podwyższenia zawartości Cu w odpadach w stosunku do maszyn flotujących nadawę "czystą".

Zaobserwowano natomiast znacznie spokojniejszy przebieg flotacji produktów przejściowych (flotacja czyszcząca).

W dotychczasowym układzie, wahania ilości nadawy na tę operację odbijały się bardzo niekorzystnie na jej przebiegu. Odprowadzenie części tej nadawy do flotacji głównej ustabilizowało proces, nie pogarszając wyników ze względu na dużą objętość maszyn flotacji głównej.

W najbliższym czasie ZPR Lubin przewiduje dokonać takiej zmiany schematu, która pozwoli przeprowadzić próbę przemysłową skierowania całości produktów przejściowych do czoła flotacji głównej.