

Kazimierz Żmudziński
Barbara Nowakowska
Borys Rynans

ZD "CUPRUM" - Lubin

KIERUNKI UPRASZCZANIA SCHEMATÓW TECHNOLOGICZNYCH ZAKŁADÓW PRZERÓBCZYCH LGOM

1. Wstęp

Rozwój przemysłu miedziowego na terenie LGOM-u łączy się ściśle z rozbudową zakładów przeróbczych i ciągłym doskonaleniem oraz unowocześnianiem procesów wzbogacania.

Stopniową rozbudowę zakładów ilustruje zestawienie terminów uruchomienia zakładów przeróbczych /Tab. 1/.

Tabela 1.

Terminy uruchomienia zakładów przeróbczych

Zakład	Etap budowy	Data uruchomienia
ZPR "Lubin"	I ciąg II ciąg II etap /III + IV ciąg/	luty 1968r wrzesień 1968r wrzesień 1970r
ZPR "Polkowice"	I ciąg II ciąg	styczeń 1970r październik 1971r
ZPR "Rudna"	I ciąg następne ciagi	1974r II kwartał 1975 - 1979r

Pierwotnie założone plany produkcyjne poddaje się okresowym korektom w kierunku zwiększenia wydobycia rud, co wiąże się z koniecznością intensyfikacji przerobu zakładów wzbogacania.

Intensyfikację przerobu osiąga się częściowo przez zmianę technologii i stosowanie wydajniejszych maszyn przeróbczych, a gdy to nie wystarcza, dobudowuje się dodatkowe ciągi produkcyjne.

W miarę rozbudowy kopalń LGOM-u dysponowano coraz większą ilością różnych typów rud do badań nad opracowaniem schematów technologicznych. Pierwszy zakład przeróbczy kopalni "Lubin" zaprojektowano w oparciu o wyniki badań laboratoryjnych Instytutu Metali Nieżelaznych przeprowadzonych na rdzeniach z otworów wiertniczych /1/. Natomiast przy projektowaniu ZPR "Rudna" dysponowaliśmy już wynikami obszernych badań laboratoryjnych i półtechnicznych Instytutu i Zakładu Doświadczalnego oraz danymi z pracujących już zakładów "Lubin" i Polkowice".

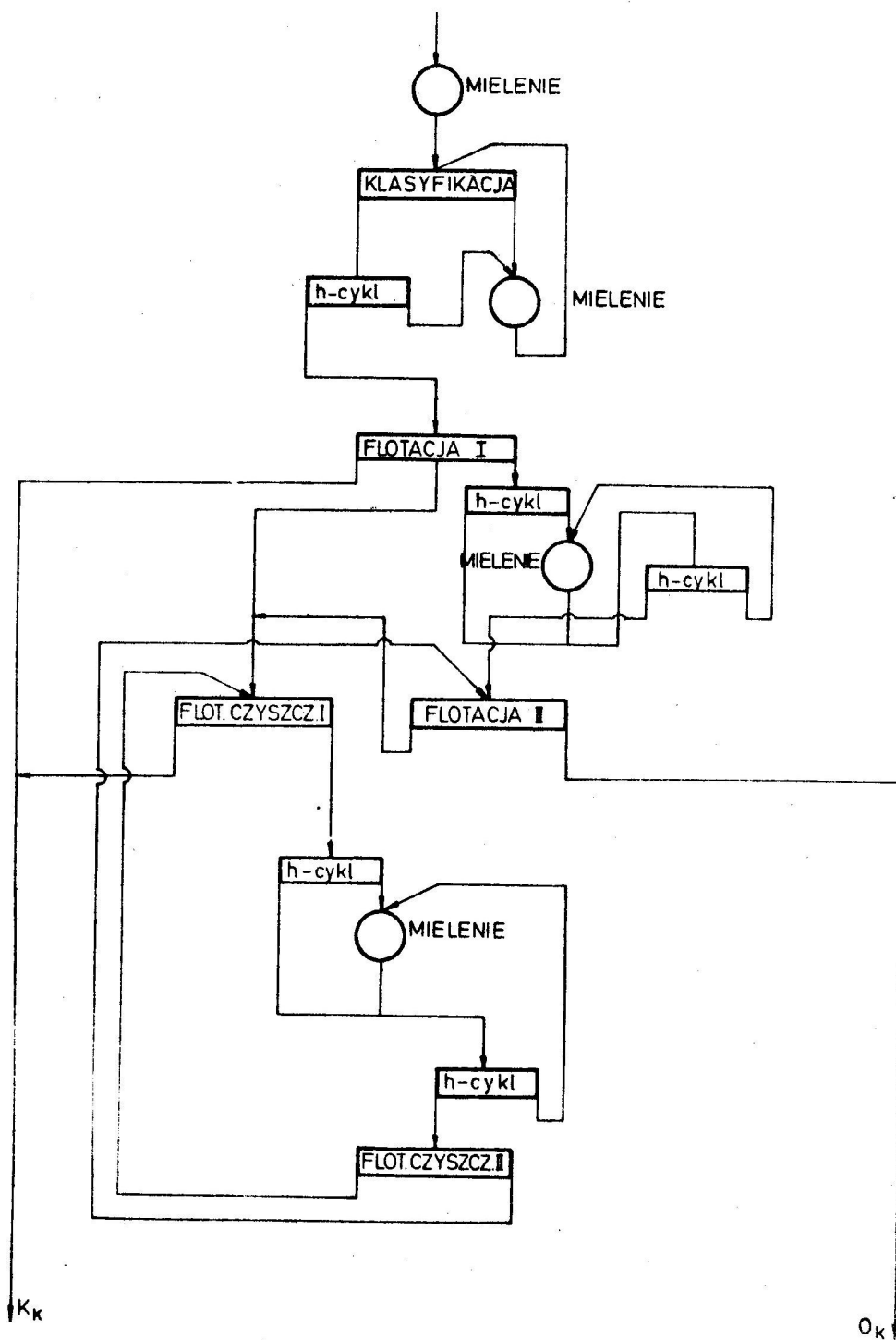
Z tego względu zaprojektowane technologie ZPR "Lubin" i "Polkowice", aczkolwiek zapewniały otrzymanie stosunkowo wysokiego uzysku, nie były zbyt racjonalne pod względem technologicznym i ekonomicznym.

Głównym efektem doskonalenia technologii pracujących zakładów przeróbczych osiągniętym w wyniku prac badawczych IMN i ZD "Cuprum" oraz wdrożeń tych prac jest znaczna poprawa uzysku miedzi, co ilustruje zestawienie uzysków /tab. 2/.

Tabela 2.

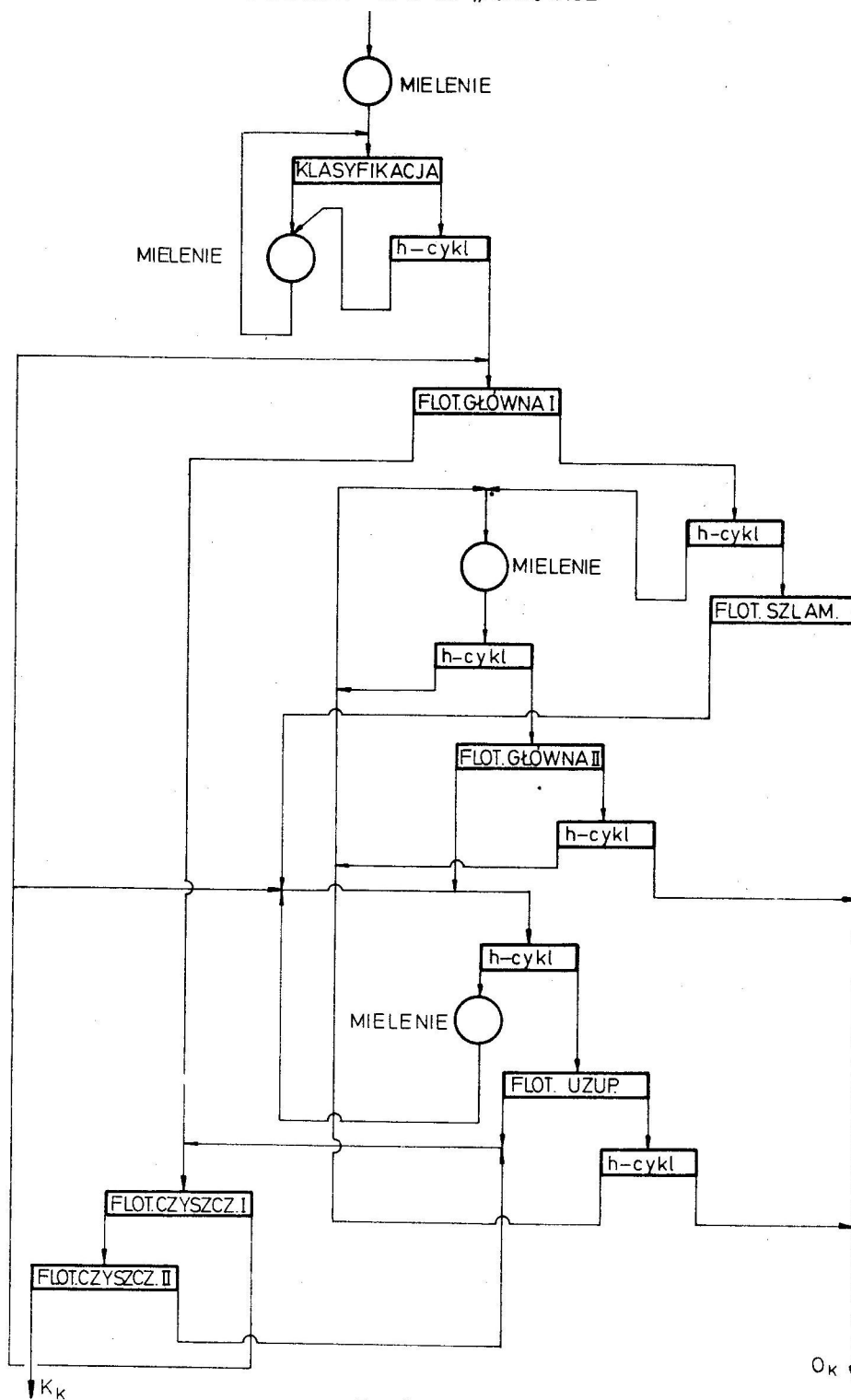
Uzyski Cu w zakładach "Lubin" i "Polkowice"

Rok	Zakład	
	ZPR "Lubin"	ZPR "Polkowice"
1968	81,13	-
1969	82,92	-
1970	84,69	83,54
1971	85,12	84,37
1972	85,91	85,35
1973	87,49	87,23



Rys. 1

I SYSTEM TECHNOLOGICZNY ZPR ZG „POLKOWICE”



Rys. 2

2. Charakterystyka pierwotnie zaprojektowanych schematów technologicznych

Schematy technologiczne opracowane przez Instytut Metali Nieżelaznych w wyniku prac badawczych /1, 2/, na podstawie których ZBiPM "Cuprum" wykonały projekty ZPR "Lubin" i "Polkowice" przedstawiają rys. 1 i 2. Charakteryzuje je wielostadialność operacji mielenia, klasyfikacji i flotacji. Na skutek tego są one bardzo rozbudowane, angażując tym samym dużą ilość maszyn i urządzeń klasyfikujących. Stosowanie międzystadialnych flotacji, bez pełnego uwolnienia minerałów miedzi, przedłuża znacznie sumaryczne czasy flotacji.

Wielostadialność mielenia i klasyfikacji spowodowała konieczność stosowania dużej ilości hydrocyklonów i pomp.

Istotnym mankamentem tych schematów jest również duża ilość półproduktów krążących w obiegu, co również komplikuje schemat maszynowy.

Schematy te nie uwzględniają ponadto w dostatecznym stopniu różnic składu litologicznego wydobywanych w kopalni "Lubin" i "Polkowice" rud. Również ze względu na konieczność instalowania dużej ilości punktów pomiarowych i regulacyjnych, są trudne do automatyzacji.

3. Ogólna charakterystyka wprowadzonych zmian technologii zakładów przeróbczych.

Wszystkie prace IMN i ZD "Cuprum" zmierzały z jednej strony do dostosowania schematów technologicznych do własności przerabianych rud, a z drugiej - do możliwie maksymalnego ich uproszczenia przez eliminowanie niektórych operacji względnie ich komasowanie w pojedynczych stadiach.

Najistotniejsze elementy wprowadzanych względnie przewidywanych do wdrożenia zmian technologii można ująć w zasadzie w trzech punktach:

1. Rozdział rudy po wstępnym mieleniu na frakcję piaskową i węglanową.
2. Flotację wstępną w obiegu mielenia.
3. Uproszczenie schematów technologicznych przez ilość operacji, łączenie operacji o zbliżonych funkcjach,

Rozdział rudy na frakcje dotyczy tych zakładów, które przerabiają rudy o przewadze piaskowców, tj. ZPR "Lubin" i "Rudna". Polega on na wydzieleniu frakcji piaskowej $-0,3$ mm w klasyfikatorze zwojowym po wstępnym mieleniu w młynach prętowych, w których następuje całkowite rozmycie piaskowca z pełnym uwolnieniem siarczków miedzi. Z frakcji tej można już otrzymać końcowe odpady bez konieczności drobnego mielenia poniżej $+0,075$ mm, jakie wymagane jest dla drugiej frakcji łupkowo-wapiennej, którą kieruje się do mielenia w młynach kulowych.

Wydzielenie frakcji piaskowej odciąża znacznie młyny kulowe od zbędnego mielenia ziarn piasku.

Zmiany układów mielenia polegały na zlikwidowaniu wielostadialnego mielenia i zastąpieniu go układem obejmującym całkowite zmielenie rudy przed flotacją. W celu zapobiegania przemieleniu uwolnionych siarczków miedzi wprowadzono flotację wstępną w obiegu mielenia.

Dotyczy ona zakładów przerabiających rudy łupkowo-wapienne tj. ZPR "Polkowice", natomiast w zakładach przerabiających rudy o przewadze piaskowców flotację wstępną w obiegu mielenia stosuje się tylko do frakcji węglanowej.

Uproszczenie schematów technologicznych polega na skomasywaniu operacji mielenia do jednego układu z flotacją wstępną w obiegu mielenia i wielostadialnej flotacji do jednej operacji - flotacji głównej.

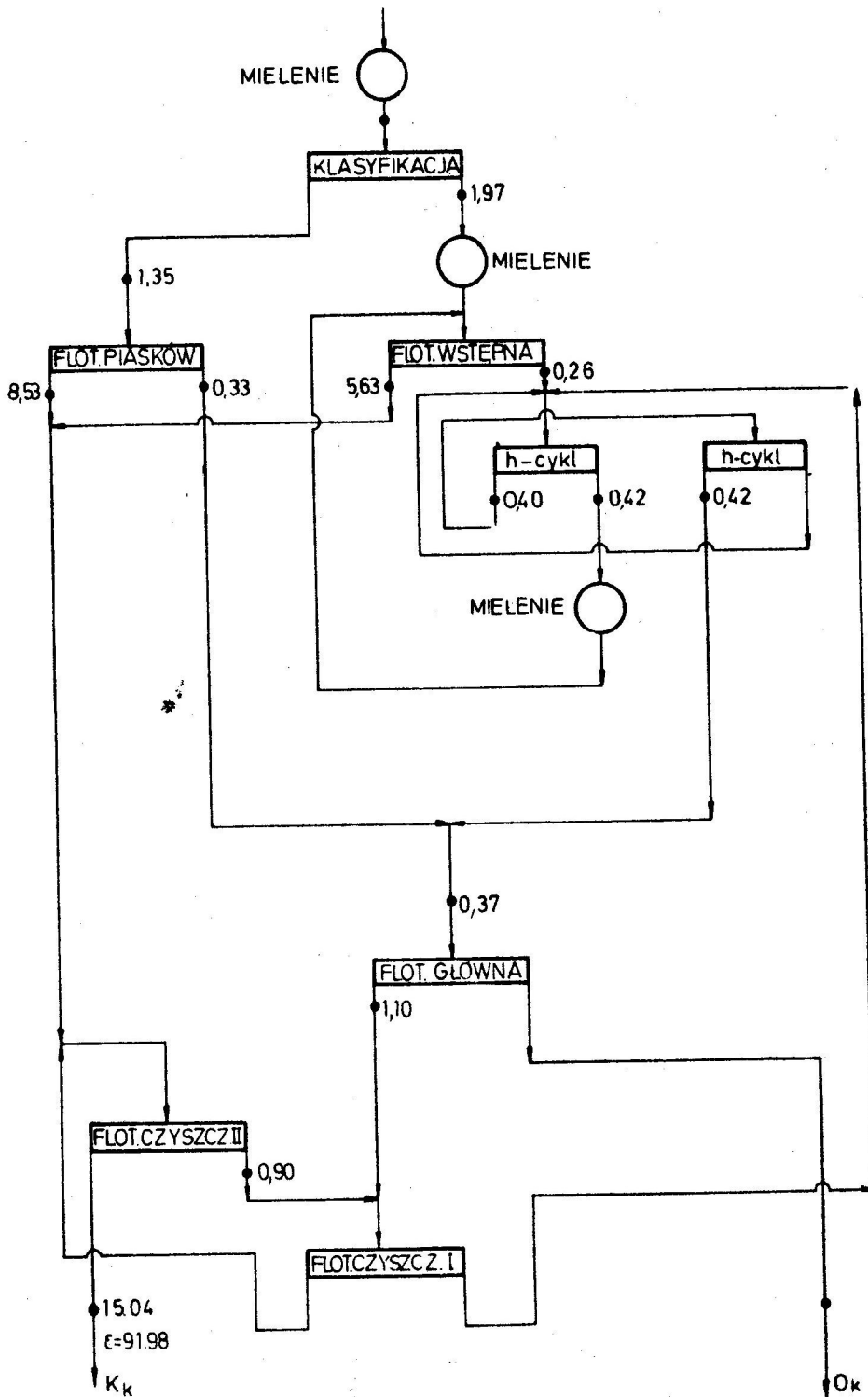
W przypadku rud o przewadze piaskowców połączono flotacje obu frakcji w jednym stadium, likwidując w ten sposób niekorzystny wpływ zmiany składu rudy.

Omówione wyżej główne elementy zmian technologii zostaną z kolei rozpatrzone na wynikach prób póltechnicznych i wdrożeń w zakładach przemysłowych.

4. Zmiany schematów technologicznych dla rud o przewadze piasków.

Rudy o przewadze piaskowców przerabiają zakłady "Lubin" i "Rudna", dlatego schematy obu zakładów po zakończeniu wprowadzania wszystkich zamierzonych zmian w ZPR "Lubin" będą bardzo podobne.

UPROSZCZONY SCHEMAT TECHNOLOGICZNY I II CIĄGU ZPR ZG „LUBIN”



Na rys. 3 przedstawiono schemat sprawdzony w trakcie prób póltechnicznych dla ZPR "Lubin" /3/, który uwzględnia wszystkie omówione wyżej elementy.

Na schemacie podano również zawartości Cu w poszczególnych produktach oraz wskaźniki końcowe wzbogacania.

Flotację wstępną piasków wprowadzono w celu uniknięcia mieszania produktów o zbyt dużych zawartościach miedzi w przelewie klasyfikatora i o znacznie niższej zawartości w przelewie hydrocyklonów.

Na uwagę zasługuje duża efektywność flotacji wstępnej w obiegu mielenia. Z frakcji łupkowo-wapiennej w trakcie krótkiej 4 minutowej flotacji zawartość Cu spada do ok. 13% w stosunku do nadawcy tej operacji. Dzięki temu materiał zawracany do mielenia jest również znacznie zubożony. Ponadto omawiana próba póltechniczna wykazała, że dzięki uproszczeniu schematu technologicznego istnieje możliwość zwiększenia wskaźnika wydajności maszyn flotacyjnych z $0,244 \text{ t/m}^3 \text{ h}$ /obecnie w ZPR "Lubin"/ do $0,412 \text{ t/m}^3 \text{ h}$.

Przedstawiony na rys. 3 schemat jest podstawą stopniowego wdrażania zmian technologicznych w ZPR "Lubin". Ze względów technicznych, /ustawienie młynów/, będzie on musiał ulec pewnym modyfikacjom przy wdrażaniu, z zachowaniem najistotniejszych cech.

Rozdział rudy w I ciągu wprowadzono w maju 1970r. Analiza techniczno-ekonomiczna porównania I ciągu /po wprowadzeniu rozdziału/ z II ciągiem /przed jego wprowadzeniem/ wykazała, że w okresie 5 miesięcy uzysk Cu w I ciągu był wyższy o 1,35 - 2,60% /4/.

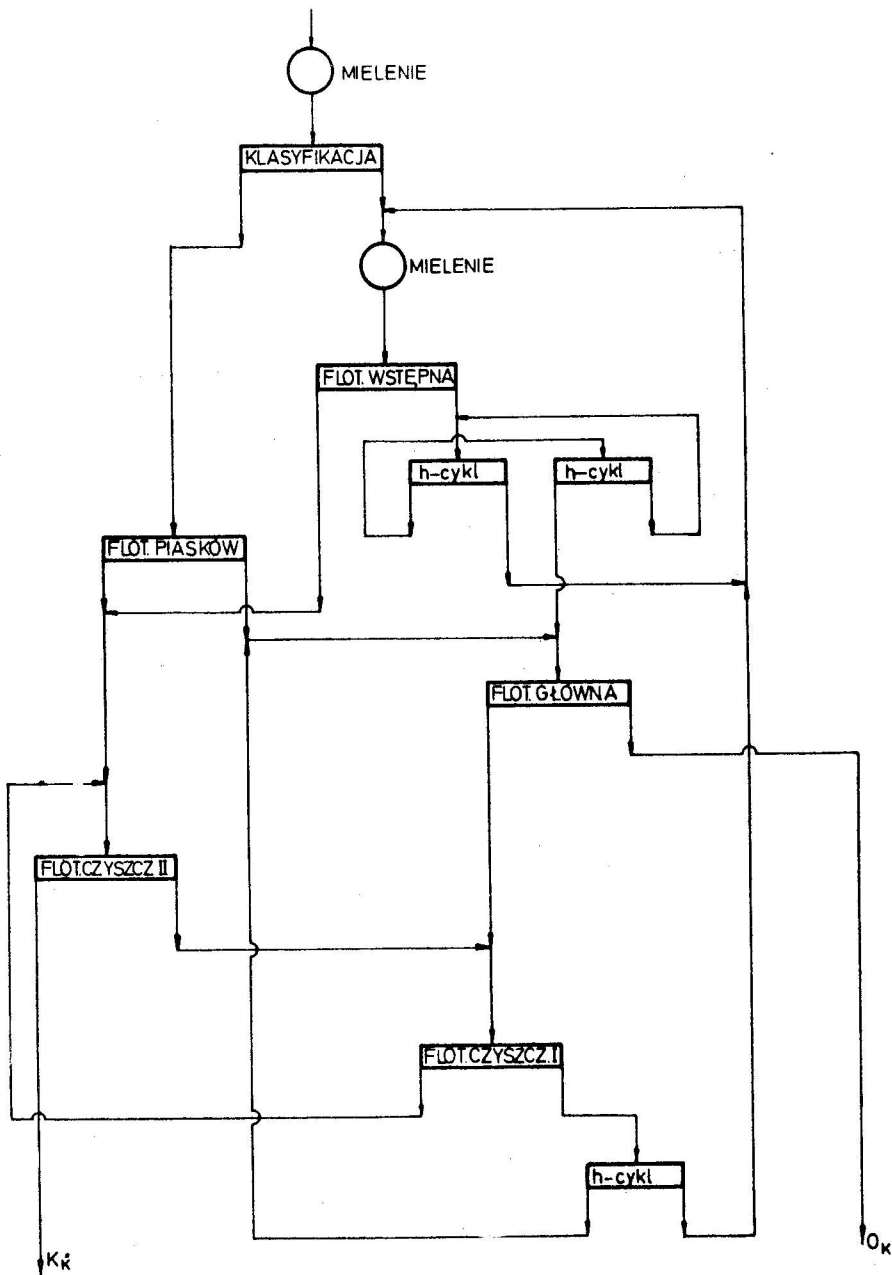
Podobnie duży efekt uzyskano po wprowadzeniu flotacji w obiegu mielenia w I ciągu ZPR "Lubin" w kwietniu 1973r. Opróbowanie odpowiednich ciągów wykonane przez IMN i ZD "Cuprum" /5/ wykazało spadek zawartości Cu w odpadach końcowych o ok. 0,04% po wprowadzeniu flotacji wstępnej.

Obecnie rozdział rudy i flotacja wstępna wdrażana jest w I i II ciągu. Dalsze zmiany nad uproszczeniem schematu są przewidziane w projekcie intensyfikacji produkcji zakładu przerobczego, który przewiduje również wymianę maszyn i dobudowę młynów.

Drugim zakładem przerabiającym rudę o przewadze piaskowca jest uruchomiony obecnie ZPR "Rudna", ponieważ do czerwca b.r.

przerabiał on rudę polkowicką, zostaną omówione jedynie wyniki prób półtechnicznych, na podstawie których zaprojektowano ten zakład /6, 7/.

UPROSZCZONY SCHEMAT TECHNOLOGICZNY DLA ZPR ZG „RUDNA”



Rys. 4

Schemat technologiczny tych prób przedstawiono na rys. 4. Obejmuje on wszystkie elementy wdrożonych zmian technologicznych. Wyniki tych doświadczeń wraz ze wskaźnikami wydajności młynów i maszyn flotacyjnych zestawiono w tabeli 3.

Tabela 3.

Wskaźniki techniczno-technologiczne prób póltechnicznych wzbogacania rudy z kopalni "Rudna"

Numer próby	Wskaźniki wzbogacania		Wydajności właściwe	
	β Cu %	ϵ %	maszyn flotacyjnych t/m ³ /h	układu miele- nia bez mły- nów prętowych t/m ³ /h
I	31,70	95,9	0,323	0,989
II	35,36	95,35	0,961	0,877

Należy podkreślić, że schemat zamieszczony na rys. 4 został w pełni wdrożony w I ciągu ZPR "Rudna", z wyjątkiem podwójnej klasyfikacji. Projekt tego ciągu nie obejmował bowiem wszystkich nowych elementów, dlatego zostały one wprowadzone w trakcie budowy zakładu. Następne ciągi będą już projektowane całkowicie w oparciu o ten schemat sprawdzony w skali póltechnicznej.

Dzięki uproszczeniu schematu i instalowaniu w następnych ciągach dużych maszyn flotacyjnych ogólna kubatura budynku flotacji i młynowni zmniejszy się o 30%.

5. Zmiany technologii wzbogacania rud węglanowych

Ruda o charakterze węglanowym /dolomit, wapień i łupek/ przetwarzana jest obecnie tylko w ZPR "Polkowice". Jak już wspomniano na wstępie, wymaga ona w całości bardzo drobnego zmielenia /90% klasy -0,075 mm/, stąd przy stosowaniu wielostadialnego mielenia i flotacji schemat technologiczny zakładu był bardzo skomplikowany, z licznymi zawrotami produktów przejściowych.

Stale intensywne badania póltechniczne nad doskonaleniem technologii wzbogacania rud miedzi oraz prowadzone obserwacje i zdoby-

te doświadczenie w pracy w zakładach przemysłowych dały podstawy do podjęcia kroków w kierunku wprowadzenia konkretnych uproszczeń technologiczno-ruchowych w istniejących schematach ZPR "Polkowice". Ponadto decyzję uproszczenia schematu podjęto ze względu na planowaną automatyzację I-go ciągu, której prowadzenie i koszt zależy w dużym stopniu od prostoty układu.

Z tych względów w 1973 roku podjęto w ZD "Cuprum" próby półtechniczne trwające około 6 tygodni, w trakcie których sprawdzano kilka wariantów schematów technologicznych [8/.

W efekcie tych prób wybrano do wdrożenia jednostadialny schemat flotacji z flotacją w obiegu mielenia, przedstawiony na rys. 5.

Jak widać na rys. 2 i 5 nowy schemat zamiast 13 operacji przewiduje 6, zmianę ilości stanowisk pompowania o ok. 50%, ilości stanowisk klasyfikacji w hydrocyklonach z 6 do 2 oraz znacznie skraca drogi przepompowywania mętów. Takie uproszczenie schematu pociąga za sobą zmniejszenie punktów pomiarowo-kontrolnych, co jest bardzo istotne przy instalowaniu importowanych układów automatyki sterującej procesem.

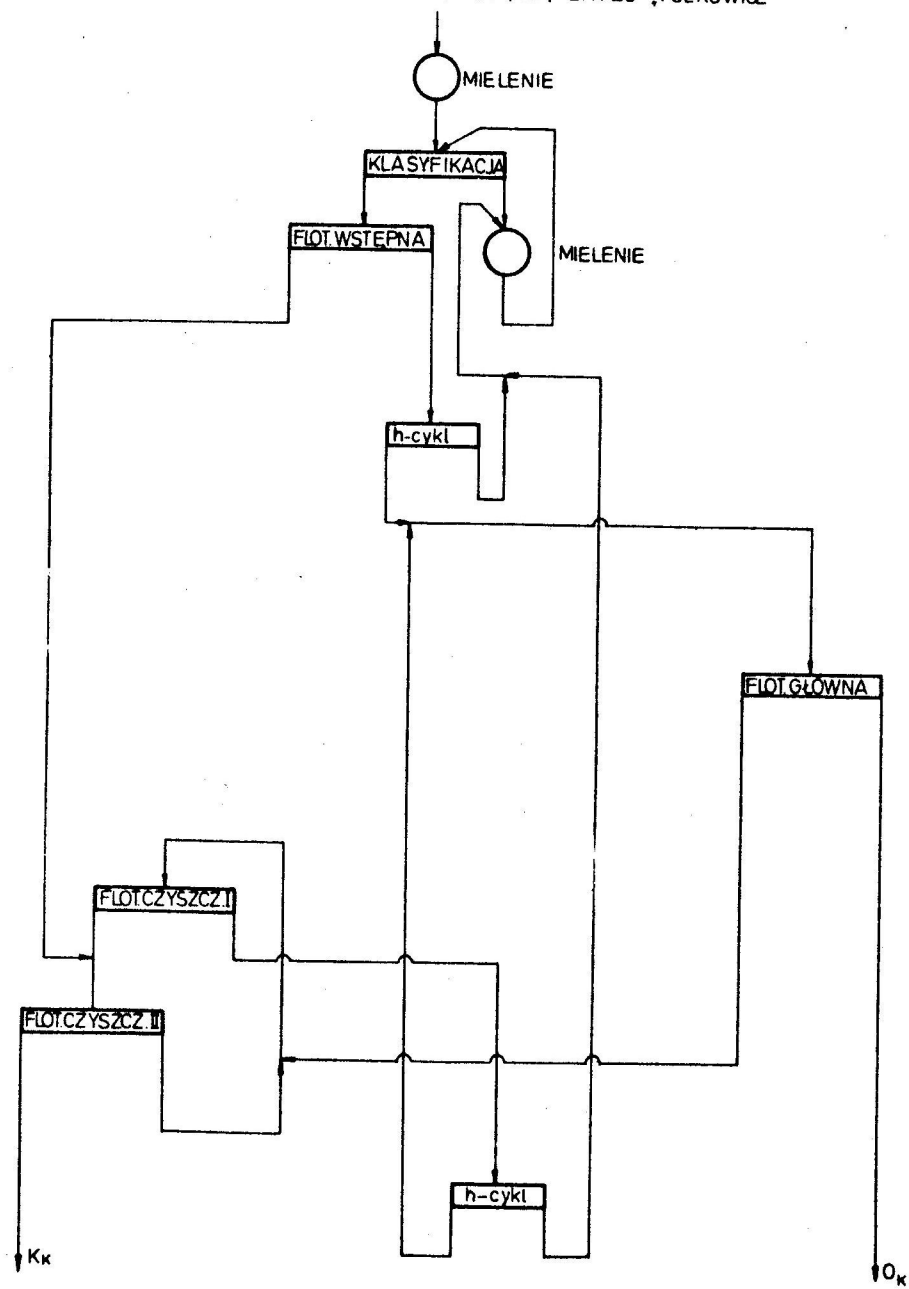
W tablicy 4 podano wyniki prób półtechnicznych otrzymanych według starego i nowego schematu wraz z porównaniem ich ze wskaźnikami zakładu przemysłowego pracującego według starego schematu.

Tabela 4.

Porównanie wskaźników wzbogacania prób
półtechnicznych i przemysłowych

Lp	Skala - schemat	Zawartość Cu % w konc.	Uzysk techn. %
1	półtechnika - schemat uproszczony	22,2	92,1
2	przemysłowa - schemat stary	21,7	89,6
3	półtechnika - schemat stary	26,4	90,2

I SYSTEM TECHNOLOGICZNY Z FLOTACJĄ WSTĘPNĄ ZPR ZG „POLKOWICE”



Rys.5

Otrzymanie wyższych wskaźników wzbogacania mimo znacznych uproszczeń schematu było możliwe dzięki odpowiednio drobnemu zmiełeniu rudy przed flotacją główną z równoczesnym odflotowaniem uwolnionych siarczków miedzi w trakcie flotacji wstępnej w obiegu mlelenia, co zapobiegło ich przemieleniu.

W tablicy 5 podano porównanie czasów flotacji, stopni wzbogacania i uzysków poszczególnych operacji obliczonych od nadawy dla starego schematu oraz nowego, w warunkach półtechniki i po wdrożeniu w warunkach przemysłowych /10/.

Porównanie aktualnych wskaźników wzbogacania I ciągu /wg nowego schematu/ z drugim ciągiem /schemat stary/ zamieszczone w tabeli 6 wykazują, że są one równorzędne. Nie uzyskano spodziewanego na podstawie prób półtechnicznych wzrostu uzysku po zmianie schematu.

Po dokładnej analizie pracy zakładu stwierdzono, że przyczyną tego jest zbyt grube uziarnienie nadawy do flotacji głównej, o czym świadczy zestawienie wyników analiz sitowych odpadów ostatecznych zamieszczone w tabeli 7.

Zestawienie to wyjaśnia brak wzrostu uzysku w porównaniu ze starym schematem, mimo że próby półtechniczne wykazywały taką możliwość.

Przewidując to przy wdrażaniu nowego schematu zalecaliśmy kierownictwu zakładu wprowadzenie dwustopniowej klasyfikacji odpadów flotacji wstępnej w celu zabezpieczenia odpowiedniego uziarnienia nadawy do flotacji głównej. Jednakże drugiego stopnia klasyfikacji nie wprowadzono ze względu na trudności techniczne i wcześniejsze ustalenie punktów pomiarowo-regulacyjnych, które nie uwzględniało podwójnej klasyfikacji.

Obecnie zakład przystąpił do pewnych zmian układu klasyfikacji w hydrocyklonach, co powinno poprawić uziarnienie nadawy flotacji głównej. W przeciwnym razie konieczne będzie wprowadzenie II stopnia klasyfikacji.

Niemniej jednak już obecnie mimo, że nie uzyskano poprawy wskaźników wzbogacania, inne korzyści ruchowe i aparaturowe w pełni uzasadniają wdrożenie uproszczonego schematu

Tabela 5

Czasy flotacji /t - min./, stopnie wzbogacania /k/,
uzyski operacyjne / ξ o %/.

Lp.	Nazwa operacji	Schemat stary			Schemat nowy - uproszczony					
		t-min.	k	ξ o %	t-min.	k	ξ o %	t-min.	k	ξ o %
1	Flotacja główna I	23,1	3,7	73,0	21,2	3,40	76,5	30,5	2,6	78,8
2	Flotacja główna II	23,2	4,2	53,2	-	-	-	-	-	-
3	Flotacja szlamów	9,8	1,7	61,5	-	-	-	-	-	-
4	Flotacja uzupełniająca	16,7	2,2	75,3	-	-	-	-	-	-
5	Flotacja I czyszczenia	16,2	2,2	87,3	12,3	3,5	63,0	19,7	2,0	74,1
6	Flotacja II czyszczenia	21,8	1,7	76,3	20,2	2,4	69,6	32,4	2,2	49,3
7	Flotacja wstępna	-	-	-	1,6	7,4	37,0	3,1	7,6	30,2
	Średnie stopnie wzbogacania	-	11,0	-	-	10,6	-	-	10,7	-

Tabela 6

Porównanie aktualnych wskaźników wzbogacania
I i II ciągu ZPR "Polkowice" /I dek. maja/

Ciąg schemat	Koncentrat Cu %	Uzysk Cu %
I - schemat nowy	24,53	87,60
II - schemat stary	25,08	87,56

Tabela 7

Porównanie składu ziarnowego odpadów

Schemat	Wychód klasy - 0,075 mm w odpadach końcowych
stary - w warunkach przemysłowych	86,8
nowy - uproszczony w półtechnice	92,6
nowy - uproszczony w warunkach przemysłowych	86,4

6. Zamierzenia przyszłościowe, doskonalenie technologii

W najbliższych latach nie przewiduje się dla omawianych zakładów przeróbczych wprowadzenia radykalnych zmian technologii. Zakłady te będą jedynie rozbudowywane i modernizowane z zachowaniem omówionych kierunków doskonalenia w technologii.

W przygotowaniu są natomiast prace związane z przeprowadzeniem prób przemysłowych, a następnie wdrożeniem samokruszenia rud o przewodzie piaskowców /"Lubin", "Rudna"/.

Wyniki pracy IMN /9/ wykazały na podstawie próby półtechnicznej, że istnieje możliwość zastąpienia operacji kruszenia i mielenia w młynach prętowych jedną operacją w dużych jednostkach do samomielenia na mokro. Wyniki tej próby wykazały, że w młynie do samomielenia następuje całkowite rozmycie piaskowca do uziarnienia odpowiedniego do flotacji, natomiast łupki i wapienie ulegają pokruszeniu do uziarnienia poniżej 10 /15/ mm, odpowiedniego do mielenia w młynach kulowych. Ponadto stwierdzono możliwość uzyskania dużej ostrości rozdziału obu frakcji.

IMN I i ZD "Cuprum" prowadzą wstępne rozeznania o możliwości przeprowadzenia odpowiednich prób przemysłowych i zakupu młynów samomielenia w firmach zagranicznych lub ich produkcji w kraju.

Zamierzenia dotyczące zastosowania młynów do samomielenia rud dotyczą projektów budowy nowych zakładów przeróbczych i ewentualnej dalszej modernizacji zakładów pracujących /ZPR "Lubin", "Rudna"/.

Literatura

1. R. Bortel i inni, - Określenie wzbogacalności rudy miedzi z rejonu Lubina, Sprawozdanie IMN, Nr 713/I/60.
2. R. Bortel, Opracowanie technologii wzbogacania rud miedzi z rejonu Polkowic, Sprawozdanie IMN Nr 1101/II/66.
3. A. Sikora, B. Rynans, Opracowanie uproszczonego schematu technologicznego dla I i II ciągu ZPR "Lubin", Sprawozdanie ZD "Cuprum", Nr 13/TP/73.
4. B. Rynans, Analiza technologiczna i ekonomiczna I i II ciągu ZPR "Lubin", Sprawozdanie ZD "Cuprum", Nr 17/TW/70.

5. W. Madej, K. Żmudziński i inni, Analiza technologiczna I ciągu po wprowadzeniu flotacji wstępnej w obiegu mielenia, Sprawozdanie IMN, Nr 1726/I/73; Spraw. ZD, Nr 22/TP/73.
6. W. Madej, K. Żmudziński i inni, Próba póltechniczna wzbogacania rudy Cu z kopalni "Rudna", Spraw. IMN Nr, 1474/IV/73; Spraw. ZD "Cuprum", Nr 16/TP/73.
7. B. Rynans, Próba póltechniczna z uproszczonym schematem technologicznym dla ZPR "Rudna", Sprawozdanie ZD "Cuprum", Nr 26/TP/73.
8. B. Nowakowska, Próba póltechniczna nad uproszczeniem schematu technologicznego ZPR "Polkowice", Sprawozdanie ZD "Cuprum" Nr 7/TP/73.
9. W. Madej, K. Żmudziński, Póltechniczne próby samokruszenia i samomielenia rudy lubińskiej, Sprawozdanie IMN, Nr 1230/VI/69.
10. B. Nowakowska i inni, Analiza technologiczna I ciągu ZPR "Polkowice", Sprawozdanie ZD "Cuprum", Nr 21/TP/73.