

Dr hab. inż. Dariusz Foszcz

Kraków, 28.08.2017r.

AGH w Krakowie

Wydział Górnictwa i Geoinżynierii

Katedra Inżynierii Środowiska i Przeróbki Surowców

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. **Małgorzaty Krzemińskiej** pt.:

Wpływ mieszaniny kolektorów flotacyjnych na efektywność wzbogacania rud miedzi

Promotor: dr hab. inż. Andrzej Łuszczkiewicz, prof. PWr

Praca doktorska mgr inż. Małgorzaty Krzemińskiej pt.: „Wpływ mieszaniny kolektorów flotacyjnych na efektywność wzbogacania rud miedzi” dotyczy bardzo ważnego i aktualnego zagadnienia związanego z oceną możliwości minimalizacji strat składników użytecznych głównie miedzi w procesach technologicznych przeróbki rud Oddziału Zakłady Wzbogacania Rud KGHM P.M. S.A. Doktorantka podjęła się realizacji badań, które mają na celu ustalenie możliwości poprawy osiąganych wskaźników technologicznych, przede wszystkim uzysku miedzi oraz jej zawartości w koncentracie, poprzez dobór odpowiedniej mieszaniny odczynników stosowanych do procesu wzbogacania flotacyjnego.

Recenzję wykonano na zlecenie Dziekana Wydziału Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej Prof. dr hab. inż. Monikę Hardygorę - pismo nr 6/870/2017 z dnia 14.06.2017r (podpisane z upoważnienia przez Prodziekana dr hab. inż. Radosława Zimroza, prof. PWr).

Recenzje opracowano wg następującego porządku:

1. Ogólna charakterystyka treści rozprawy
2. Ocena merytoryczna rozprawy
3. Uwagi do pracy doktorskiej
4. Konkluzja końcowa
5. Załącznik - stanowiący wykaz błędów i nieścisłości w rozprawie

1. Ogólna charakterystyka treści rozprawy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska zawiera 272 strony tekstu wraz z załącznikiem, podzielonego na 15 rozdziałów oraz wykaz skrótów i symboli, wprowadzenia i celu pracy, podsumowania wyników badań, wniosków, obszernego spisu literatury, zawierającego 84 pozycje publikowane oraz dodatkowe materiały wewnętrzne KGHM a także załącznika podzielonego na 4 części. Uzyskane rezultaty badań oraz opis rozważań teoretycznych doktorantka przedstawiła na licznych wykresach i rysunkach (91) oraz w postaci tabelarycznej (152).

Autorka podzieliła swoją pracę na dwie części:

Literaturową - rozdziały od 1 do 10

Eksperymentalną - rozdziały od 11 do 15

Podzielenie rozprawy na części z wyraźnym ich zdefiniowaniem umożliwia czytelnikowi zapoznanie się z treścią prezentowaną w rozprawie. Cel ten przyświecał autorce również w przedstawionym w pracy wykazie skrótów i symboli, które są powszechne w wąskim środowisku osób zajmujących się przeróbką surowców mineralnych.

We wstępie Autorka bardzo krótko charakteryzuje problematykę procesu technologicznego wzbogacania rudy miedzi, ze szczególnym uwzględnieniem opisu problemu strat cennych składników użytecznych w procesach technologicznych.

W końcowej części wprowadzenia Autorka krótko wyjaśnia zasadność podjętych badań i korzyści jakie zostaną osiągnięte dzięki uzyskanym informacjom dotyczącym wpływu wybranych mieszanin odczynników flotacyjnych stosowanych w procesie wzbogacania na wyniki procesu flotacji.

W rozdziale pierwszym Autorka dokonuje szerszego opisu procesu wzbogacania flotacyjnego, podając jego mechanizm oraz zjawiska zachodzące podczas procesu. W rozdziale tym Autorka przedstawiła czynniki wpływające na proces flotacji co umożliwia ocenę jak skomplikowana jest próba jego optymalizacji.

Na zakończenie tego rozdziału Autorka podaje trudności związane z oceną wyników w skali laboratoryjnej i przemysłowej co jest przyczyną określonych problemów z przeniesieniem ustalonych zależności i wpływu czynników (parametrów) procesu, ustalonych w warunkach laboratoryjnych na przemysłowe.

W rozdziale drugim Doktorantka przedstawia zagadnienia hydrofobowości i kąta zwilżania ziaren mineralnych, które są kluczowe dla procesu flotacji. Dzięki

właściwościom powierzchniowym możliwy jest rozdział mieszanin niejednorodnych ciał stałych na drodze flotacji.

Kolejny rozdział również poświęcony jest czynnikowi wpływającemu na proces flotacji tj. parametrom elektrochemicznym układu flotacyjnego czyli wpływowi stężenia jonów wodorowych (pH) oraz potencjałowi utleniająco-redukującemu – Eh. Parametry elektrochemiczne decydują o stopniu odzysku i selektywności procesu separacji składnika użytecznego na drodze wzbogacania flotacyjnego. Wartość potencjału utleniająco-redukującego determinuje mechanizm wiązania odczynników zbierających na powierzchni siarczków metali co jest kluczowe dla odpowiedniego przebiegu procesu. Wpływ pH na wyniki procesu flotacji jest związany z wpływem wartości stężenia jonów wodorowych na kąt zwilżania minerałów. Omówienie więc roli jaką odgrywają te parametry na przebieg procesu flotacji należy uznać za zasadne i ważne dla prawidłowej realizacji dalszego etapu pracy tj. właściwego zaplanowania eksperymentów.

W rozdziale czwartym Autorka prezentuje bardzo szeroki opis odczynników stosowanych w procesie flotacji. Ponieważ główny cel pracy to dobór mieszaniny odczynników umożliwiający optymalizację procesu, rozdział ten należy uznać za kluczowy. Autorka w rozdziale tym opisuje mechanizm działania odczynników oraz ich podział umożliwiający dokonanie odpowiedniego doboru odczynników z danej grupy do uwarunkowań technologicznych danego surowca na podstawie określonych właściwości odczynnika. Uzupelnieniem informacji dotyczących odczynników jest informacja dotycząca właściwości oraz typowych zastosowań dla wybranych odczynników.

Rozdział piąty stanowi w zasadzie kontynuację zagadnień dotyczących odczynników i odnosi się do praktyki stosowania mieszanin odczynników zbierających jako działań umożliwiających osiągnięcie określonych skutków procesowych tj. zwiększenia uzysku składnika użytecznego czy też obniżenie kosztów. Autorka w rozdziale tym na drodze analizy dostępnych prac stara się ustalić mechanizmy czy też kryteria doboru mieszanin kolektorów do określonych minerałów. Autorka dokonuje usystematyzowania dostępnych informacji w celu dokonania charakterystyki wpływu na właściwości zbierające określonych cech odczynników takich jak długość i struktura łańcucha czy też grupa funkcyjna zawarta w budowie odczynnika.

Kolejny rozdział stanowi opis uwarunkowań mineralogiczno-petrograficznych procesów wzbogacania w KGHM Polska Miedź S.A. W ogólnej charakterystyce Autorka dokonuje opisu złoża oraz właściwości poszczególnych odmian litologicznych wraz z oceną ich udziału w urobku. Szczegółowo przedstawia skład mineralny złoża podając podstawowe opisy minerałów miedzi

jak i innych pierwiastków. Rozdział ten jest bardzo istotny z punktu widzenia doboru odczynników z uwagi na zróżnicowany charakter urobku, który stwarza szereg problemów technologicznych. Do głównych czynników wpływających na uzyskiwane wskaźniki technologiczne jest skład litologiczny rudy. Autorka prezentuje na podstawie dotychczasowych prac badawczych określone charakterystyki wzbogalności poszczególnych odmian litologicznych i dokonuje oceny przyczyn ich zmienności w ramach wyszczególnionych typów tj. piaskowców, łupków i węglanów. Rozdział ten jest kolejnym istotnym z punktu widzenia realizacji pracy umożliwiającym dokonanie prawidłowej oceny przebiegu procesu wzbogacania i wpływu czynników kluczowych dla flotacji.

Rozdział siódmy stanowi bardzo skrótowe przedstawienie przedsiębiorstwa jakim jest KGHM Polska Miedź S.A. ze szczególnym uwzględnieniem technologii przeróbki rudy w Oddziale Zakłady Wzbogacania Rud. W Oddziale tym dokonuje się proces wzbogacania urobku i jak słusznie zauważa Autorka stanowi on ogniwo pośrednie pomiędzy etapem eksploatacji i metalurgicznym przetwórstwem odgrywając strategiczną rolę w zapewnieniu odpowiedniego poziomu odzysku składnika użytecznego z uwagi na nieodwracalność jego strat w odpadach.

Rozdział ósmy Autorka poświęciła opisowi rozwoju w zakresie stosowanych w KGHM Polska Miedź odczynników zbierających. Rozdział ten stanowi przegląd dotychczasowych prac badawczych prowadzonych nad syntezą, analizą i doбором odczynników zbierających prowadzonych w zasadzie od początku uruchomienia zakładów przeróbki mechanicznej w strukturach Kombinatu. Wyniki badań dostarczają szerokiej wiedzy empirycznej w zakresie skuteczności odczynników flotacyjnych, stanowiących efekt ponad 40 lat badań w skali laboratoryjnej, półtechnicznej aż po badania przemysłowe.

W rozdziale dziewiątym Autorka przedstawia charakterystykę flotowalności minerałów siarczkowych. Przedstawia wyniki światowych prac naukowych nad oceną właściwości flotacyjnych minerałów miedzi, które umożliwiły selekcję odczynników do zastosowań przemysłowych dla rud o znanym składzie mineralnym. Jest to niezwykle ważne w przypadku rud polimineralnych. W dalszej części rozdziału Autorka skupiła się nad analizą badań flotowalności poszczególnych siarczkowych minerałów miedzi wykonanych dla rudy z różnych rejonów złoża eksploatowanego przez KGHM Polska Miedź S.A., i stanowiącej urobek dla Rejonów O/ZWR, powodując określenie ich właściwości. Na podstawie opracowań Autorka wykreśla krzywe wzbogalności w układzie: uzysk minerału siarczkowego w koncentracji – uzysk pozostałych składników w odpadzie. Analiza umożliwia ocenę różnic w charakterystykach flotowalności dla analizowanych minerałów w ramach badanych próbek.

W rozdziale dziesiątym Autorka dokonała oceny zasad doboru zestawu mieszanin odczynników flotacyjnych do stosowania w procesie przemysłowym a także analizy prac wewnętrznych działu technologicznego nad różnymi mieszaninami ksantogenianów. Rozdział ten jest więc rozwinięciem rozdziału piątego przedstawiającym konkretne wyniki wzbogacalności flotacyjnej dla mieszanin odczynników zbierających o różnej budowie – długości łańcucha. Eksperymenty prowadzone były w układzie stosowania mieszaniny odczynników określanych jako słabe (o krótkiej długości łańcucha) oraz silne (o długiej długości łańcucha) przy czym mieszaniny tworzone zarówno w układzie słaby – silny jaki i słaby - słaby oraz silny - silny. Rozdział ten zamyka część literaturową.

Część eksperymentalną po krótkim „epizodycznym” wstępie autorka rozpoczyna od prezentacji materiału użytego do badań, który zaprezentowała w rozdziale 12. W rozdziale tym poza opisem procesu poboru próbki do badań Autorka przedstawia charakterystykę wyników produkcyjnych dla zmian w trakcie których, dokonywała poboru próbek stanowiących materiał do badań. W ramach opisu procesu przygotowania materiału do badań Autorka przedstawia metodykę przygotowania nadawy do eksperymentów flotacyjnych oraz wykorzystywane odczynniki flotacyjne. Dobór odczynników wynikał z analizy prac badawczych przedstawionych w części literaturowej.

Rozdział 13 stanowi przedstawienie metodyki eksperymentów flotacyjnych dla opisanego w rozdziale 12 materiału badawczego. Jak podaje Autorka podstawą przyjętej metodyki badawczej były doświadczenia dwóch ośrodków zajmujących się tematyką flotacji rud miedzi z LGOM od wielu już lat tj.: dawnego zakładu Doświadczalnego KGHM w Lubinie oraz Wydziału Geoinżynierii Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej. Rozdział ten poza schematycznym przedstawieniem przebiegu eksperymentów zawiera opis przedstawienia wyników badań oraz wskaźników oceny przebiegu procesu wzbogacania flotacyjnego wraz z krótką interpretacją. Autorka w rozdziale tym opisuje również metodykę analiz mineralogicznych.

W rozdziale 14 Doktorantka omawia wyniki badań flotacji laboratoryjnych. Analizę wyników oparła o bilanse masowe oraz krzywe wzbogacania. Swą analizę Autorka prowadzi dla miedzi, srebra, węgla organicznego i ołowiu oraz głównych składników mineralnych w procesie wzbogacania w warunkach zastosowania różnych mieszanin odczynników zbierających. Wykonana charakterystyka mineralogiczno-chemiczna dotyczy nadawy, produktów i półproduktów powstałych w wyniki realizowanych eksperymentów flotacyjnych. Analizy mineralogiczne, wykonane przy użyciu systemu MLA, umożliwiły uzyskanie danych dotyczących skład mineralny próbki, rozkładu wielkości ziaren, oraz stopień uwolnienia obecnych w próbce minerałów. Wykorzystanie technologii MLA

(Mineral Liberation Analyzer) daje duże możliwości badawcze w przedmiotowym zakresie, które wynikają z rozwoju w ostatnich latach nowoczesnych platform mineralogicznych (QEMSCAN/MLA) oraz technik jakościowo-ilościowej analizy pierwiastkowej (EPMA), umożliwiających określenie pełnej i precyzyjnej charakterystyki surowców mineralnych, informujących o rozmiarach, morfologii, strukturze powierzchniowej i chemicznym składzie badanych próbek. W rozdziale tym Autorka podjęła się opisu oceny składu ziarnowego i uwolnienia minerałów siarczkowych uzyskiwanych przy wykorzystaniu MLA. Omówienie interpretacji stopnia uwolnienia uzyskiwanych z tego urządzenia należy uznać za ważne w kontekście późniejszych analiz wyników eksperymentów i prowadzonego wnioskowania. Podsumowaniem licznych analiz ilustrowanych wykresami jest zestawienie najlepszych mieszanin do flotacji dla wybranych minerałów siarczkowych oraz minerałów ilastych i łuszczyków zawarte w tabeli 14.20.

Rozdział piętnasty stanowi analityczne opracowanie wyników badań przemysłowych dotyczących weryfikacji efektów uzyskanych w badaniach laboratoryjnych w warunkach przemysłowych. Badania przemysłowe obejmowały testy wybranych na podstawie badań laboratoryjnych mieszanin kolektorów (mieszanina czystych ksantogenianów oraz mieszanina złożona z MXNa i DTP w stosunku 1:2,33), których efekty stosowania porównywano z parametrami wzbogacania otrzymanymi dla standardowo stosowanymi w układzie przemysłowym mieszaniny zbieraczy MXNa:DTP w stosunku 1:0,43 w O/ZWR Rejon Lubin. W ramach analizy wyników przemysłowych Doktorantka omawia problemy związane z porównywaniem wyników przy pomocy wskaźnika selektywności α związane z niewielkimi jego zmianami dla osiągniętych wartości zmienności wartości uzysków co wynika z równania opisującego jego zmiany w układzie krzywej wzbogacania Fuerstena na poparcie czego Doktorantka obrazuje przebieg zmienności tego wskaźnika na rysunku 15.1. Dyskusyjna jest konkluzja tych rozważań, że różnice o setne części procenta wskaźnika α mogą służyć do porównywania skuteczności wzbogacania na ich podstawie. Analizę statystyczną wyników uzyskanych w skali przemysłowej Doktorantka rozpoczyna od podania statystyk podstawowych wskaźników technologicznych co umożliwia ocenę zmienności ich wartości dla poszczególnych okresów badawczych – testowych i bazowego. Celem analizy statystycznej jest weryfikacja hipotezy, że zastosowanie mieszaniny kolektorów ma istotny statystycznie wpływ na zmianę efektywności procesu flotacji w stosunku do mieszaniny obecnie stosowanej w praktyce przemysłowej O/ZWR Rejon Lubin. Za istotne z punktu widzenia poprawności wnioskowania statystycznego należy ocenić przeprowadzone przez Doktorantkę metody eliminacji błędów grubych w badanych okresach poprzez odpowiednie testy Q-Dixona oraz równości wariancji testem F-Snedecora.

Przeprowadzone testy umożliwiły przeprowadzenie właściwego wnioskowania przy pomocy testu t-Studenta. Przeprowadzona analiza jest ważnym elementem oceny uzyskiwanych wyników badawczych, jej przeprowadzenie przez Doktorantkę dowodzi umiejętności posługiwania się metodami statystycznymi w analizie danych.

Uzyskane w wyniku przeprowadzonych badań zarówno w skali laboratoryjnej jak i ich weryfikacji w skali przemysłowej dostarczyły wielu istotnych informacji, które są niezwykle ważne dla technologów prowadzących proces wzbogacania surowców mineralnych w oparciu o flotację, dając możliwości właściwego doboru do parametrów wzbogacanego surowca odpowiedniego zestawu odczynników zbierających co umożliwia optymalizację odzysku składnika użytecznego.

Na zakończenie części doświadczalnej Autorka dokonała podsumowania wyników badań oraz przedstawiła obszerne wnioski końcowe również te o wymiarze praktycznym umożliwiającym prowadzenie przez technologów działań dotyczących doboru odczynników do właściwości rudy umożliwiających minimalizację strat miedzi w odpadach.

2. Ocena merytoryczna rozprawy

Przyjętą tematykę badawczą przez Autorkę należy uznać za zasadną i pożądaną. Dotychczas nieliczni autorzy (jak podaje Autorka w rozprawie) zajmowali się zagadnieniem flotowalności poszczególnych minerałów nikt nie podjął się jednak tak szczegółowego i kompleksowego ilościowego opisu tego problemu.

Głównym osiągnięciem naukowo-badawczym pracy jest uzyskanie szczegółowych informacji ilościowych dotyczących flotowalności minerałów w obecności danego odczynnika zbierającego.

Efekt ten został zrealizowany poprzez przeprowadzenie odpowiedniego programu badawczego w skali laboratoryjnej, co było ambitnym i skomplikowanym przedsięwzięciem wymagającym ogromnego nakładu czasu. Na uwagę zasługuje również fakt, iż badania w tak szerokim zakresie nad przyjętą tematyką nie były dotychczas prowadzone.

Realizacja celu rozprawy została osiągnięta w dwóch etapach: w pierwszym poprzez przeprowadzenie cyklu doświadczeń obejmującego badania laboratoryjne dla przyjętych mieszanin odczynników dobranych tak aby było możliwe określenie wpływu wybranego typu zbieracza na przebieg procesu flotacji analizowanych składników i drugim na drodze eksperymentów przemysłowych. Całość badań jest

dobrze zaplanowana a ich wyniki właściwie wykorzystane w realizacji postawionego celu w rozdziałach 14 i 15.

Ogromny nakład pracy wykonany przez Doktorantkę w przeprowadzeniu bilansów dla danych doświadczalnych oraz analizy wyników dowodzi przyjęcia prawidłowej metodyki badawczej i właściwego podejścia do eksperymentów w celu realizacji przyjętego zakresu rzeczowego.

Uzyskane dane umiejętnie analizuje, uzyskując ciekawe i użyteczne informacje np. dotyczące flotowalności poszczególnych minerałów w klasach ziarnowych czy też oceny wpływu budowy odczynnika na selektywność procesu.

Porównując i odpowiednio zestawiając wyniki dla różnych eksperymentów Autorka dowodzi postawionych tez, wskazuje to na dużą dojrzałość badawczą i umiejętność wykorzystania wyników przeprowadzonych przez siebie badań.

Praca jest napisana poprawnym językiem, jej konstrukcja jest dość przejrzysta a układ rozprawy jest spójny i w logiczny sposób prezentuje poszczególne jej zagadnienia. Autorka swobodnie porusza się w opisywanej tematyce i wykazuje się dużą wiedzą z zakresu technologii przeróbki a także zagadnień związanych z technikami statystycznej analizy wyników i wnioskowania.

Pewne zastrzeżenia może budzić stosowanie pewnych skrótów przemysłowych dotyczących zagadnień związanych z technologią i właściwościami rudy np. stwierdzenie na stronie 7 – „...Ruda z ZWR Lubin jest najbardziej złożona pod względem składu mineralnego...”, czy też na stronie 50 – „...Przerabiany na tym ciągu materiał to w przewodzie ruda łupkowo-węglanowa...” dla osób nie zajmujących się tą tematyką może to być niezrozumiałe lub niejasne na jakiej podstawie podawane są te informacje.

Do pewnych drobnych mankamentów można zaliczyć dla tak obszernego materiału badawczego brak zestawienia badań w formie zbiorczego ich uporządkowania oraz prezentowanie wyników tabelarycznie oraz na wykresach (patrz tab. 12.2 i rys. 12.2 - w publikacjach dążymy do jednorazowego zaprezentowania wyników).

Oryginalnym rozwiązaniem zastosowanym w rozprawie jest metoda oceny flotowalności poszczególnych minerałów wykonana w klasach ziarnowych. Uzyskane informacje w połączeniu z wykonaną analizą uwolnień minerałów stwarzają możliwości odpowiedniej optymalizacji procesu pod kątem doboru odczynników stosowanych w procesie.

Autorka w sposób swobodny porusza się w zagadnieniach bilansów składników oraz kreślenia krzywych wzbogacalności, poprawnie stosuje metody

oceny wyników i dokonuje trafnej interpretacji otrzymanych rezultatów obliczeń. Pozwoliło jej to na celne wyciągnięcie wniosków końcowych.

3. Uwagi do pracy doktorskiej

Niezależnie od oceny merytorycznej rolą recenzenta jest zwrócenie uwagi na nieścisłości czy błędy w rozprawie. Poniżej przedstawiam najistotniejsze z nich, z których część ma charakter dyskusyjny:

- w pracy przyjęto, na podstawie jednokrotnego testu kinetyki mielenia czas przygotowania próbek do badań flotacyjnych na poziomie 55 minut mającego zagwarantować odpowiednie uziarnienie nadawy – brak jest weryfikacji tego założenia choćby o pojedynczą analizę sitową nadawy wykorzystywanej w badaniach
- wyniki analizy uwolnień minerałów w nadawach do badań wskazuje że główne minerały miedzionośne stanowiły ziarna mniejsze niż $20\ \mu\text{m}$ czy zatem przyjętego do badań uziarnienia nadawy na poziomie d_{80} równego $40\ \mu\text{m}$ nie należy uznać za zbyt duże;
- przeprowadzone w skali przemysłowej eksperymenty nad weryfikacją skuteczności wytypowanych mieszanin odczynników w skali laboratoryjnej w porównaniu ze standardowo stosowaną mieszaniną zbieraczy weryfikowano tylko w oparciu o zmianowe wyniki wskaźników technologicznych bez próby weryfikacji w oparciu o cenną metodykę oceny prowadzonej w skali laboratoryjnej;
- przyjęty do oceny w skali laboratoryjnej wskaźnik selektywności α budzi duże wątpliwości w stosowaniu do oceny porównawczej wyników w skali przemysłowej co też zostało przez Doktorantkę zaprezentowane w rozprawie doktorskiej w rozdziale 15, nasuwa się więc pytanie czy analiza w oparciu o inne wskaźniki nie dostarczyłaby dodatkowych istotnych informacji;
- brak jest w pracy analizy wyników pracy badawczej wykonanej w 2003 roku przez AGH dla O/ZWR KGHM Polska Miedź S.A. pod kierunkiem Prof. dr hab inż. Kazimierza Trybalskiego, KISiPS pt: Dobór kompozycji odczynników flotacyjnych poprawiających flotowalność ziaren trudnych. W świetle przyjętego do badań w rozprawie doktorskiej Rejonu O/ZWR Lubin dla którego również wykonywana była praca badawcza nad doбором odczynników, analiza wspomnianej pracy mogłaby dostarczyć cennych informacji;

- podane na podstawie analizy prac badawczych dane w tabeli 8.1 dotyczące wyników badań przemysłowych zastosowania mieszaniny ksantogenianów sodowych dla Rejonów O/ZWR stoją w pewnej sprzeczności z informacjami i konkluzją z przeprowadzonych testów w przypadku dwóch Rejonów tj. Lubin i Rudna a są zgodne jedynie dla O/ZWR Rejon Polkowice. Przykładowo dane dla uzyskanych uzysków miedzi w koncentracji w okresach bazowym i testowym z O/ZWR Rejon Lubin wartości tego wskaźnika technologicznego wynoszą odpowiednio: 90,62% i 91,08% zaś dla testu podczas którego stosowano mieszaninę ksantogenianów EtXNa i IBXNa w proporcji 1:1 wartość uzysku wyniosła: 90,61%. Dla Rejon Rudna uzyskana wartość uzysku miedzi w koncentracji w okresie testowym jest wyższa ale przy dużo niższej wartości zawartości miedzi w koncentracji, który dla okresu testowego wyniósł 25,78% zaś w okresie bazowym 27,01% - powszechnie wiadomo że wyższe wartości zawartości składnika użytecznego umożliwiają uzyskiwanie wyższych wartości uzysku tego składnika w koncentracji. Na uwagę zasługuje również identyczna wartość podanej wartości zawartości miedzi w nadawie podczas testów dla O/ZWR Rejon Polkowice wynosząca 1,673% dla trzech okresów badawczych (dwóch bazowych i jednym testowym), czy jest to rzeczywisty wynik czy też efekt błędu.
- w pracy zdarzają się nieliczne potknięcia językowe i drobne błędy edycyjne, które udało się wychwycić co zapewne nie wyczerpuje całości usterek (wykaz w załączniku). Autorka przed ewentualną publikacją treści pracy doktorskiej powinna ponownie sprawdzić tekst.

Powyżej sformułowane uwagi nie wpływają na wysoką ocenę merytoryczną rozprawy. Całość uwag nie umniejsza w żaden sposób wartości poznawczej prezentowanej w rozprawie dla wyjaśnienia wpływu czynników determinujących proces flotacji w zakresie stosowanych odczynników flotacyjnych umożliwiających właściwe prowadzenie procesu technologicznego oraz dobranie do parametrów surowca odpowiedniego zestawu odczynników zbierających. Jest to bowiem jedno z nielicznych tak kompleksowych opracowań naukowych z tego zakresu co czyni je tym wartościowszym w wyjaśnieniu wielu zagadek procesu flotacji rud miedzi.

4. Konkluzja końcowa

Doktorantka wykazała w swojej rozprawie, że na drodze przeprowadzenia eksperymentu czynnikowego w warunkach laboratoryjnych możliwe jest uzyskanie informacji o wpływie odczynników zbierających i ich mieszanin na wyniki procesu wzbogacania rud o złożonym składzie mineralnym. Uzyskane w rozprawie

doktorskiej informacji a w szczególności zaproponowana metodyka analizy wyników mają bardzo istotne znaczenie praktyczne umożliwiające optymalizację procesu wzbogacania flotacyjnego w wielu gałęziach przemysłu surowców mineralnych wykorzystujących proces flotacji, co stanowi o użyteczności pracy.

Przeprowadzone badania oraz analiza ich wyników wskazują na dużą wiedzę teoretyczną kandydatki z zakresu górnictwa i geologii inżynierskiej i jej możliwości samodzielnego prowadzenia pracy badawczej w tym zakresie. Chciałbym podkreślić, iż problematyka jakiej podjęła się Doktorantka wymagała gruntownej wiedzy z zakresu przeróbki surowców mineralnych oraz znacznych umiejętności z zakresu statystyki. Doktorantka zrealizowała kompleksowe badania eksperymentalne, uzupełnione oceną w warunkach przemysłowych wyników z badań w skali laboratoryjnej oraz wykazała się dużym zaangażowaniem w rozwój nowych metod oceny procesu wzbogacania.

Podsumowując stwierdzam, że rozprawa doktorska Pani mgr inż. Małgorzaty Krzemińskiej pt.: *„Wpływ mieszaniny kolektorów flotacyjnych na efektywność wzbogacania rud miedzi”*, dotyczy zagadnień z obszaru nauk technicznych, dyscypliny górnictwo i geologia inżynierska. Recenzowana rozprawa doktorska jest dobrze zrealizowana od strony koncepcyjnej, eksperymentalnej i interpretacyjnej, i stanowi oryginalne rozwiązanie przez Doktoranta problemu naukowego. Na podstawie mojej wiedzy o rozprawie, mogę stwierdzić, że treści w niej zawarte świadczą o ogólnej wiedzy teoretycznej i praktycznej Doktorantki, a także o umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej w dyscyplinie górnictwo i geologia inżynierska.

Uwzględniając podane stwierdzenia uważam że przedłożona mi do recenzji rozprawa doktorska spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim zawartymi w art. 13, ustęp 1 *Ustawy z dnia 14 marca 2003r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki* (Dz. U. 2003 nr 65 poz. 595) wraz z późniejszymi zmianami, wprowadzonymi *Ustawą z dnia 18 marca 2011r. o zmianie ustawy – Prawo o szkolnictwie wyższym, ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki oraz o zmianie niektórych innych ustaw* (Dz. U 2011 nr 84 poz. 455) i wnioskuję do Rady Naukowej Wydziału Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej o dopuszczenie mgr inż. Małgorzaty Krzemińskiej do dalszych czynności przewodu doktorskiego.



Załącznik

- str. 6 – w4u2 – rudy zróżnicowanej składem mineralnym – powinno być: rudy o zróżnicowanym składzie mineralnym
- str. 6 – w10u2 – w skali laboratorium – powinno być: w skali laboratoryjnej
- str. 7 – w8u2 – brak odniesienia literaturowego do stwierdzenia – „...Ruda z ZWR Lubin jest najbardziej złożona pod względem składu mineralnego...”
- str. 12 – w2u1 – Walker (1985, rys. 3.1.) – powinno być: Walker (1985), rys. 3.1.
- str. 12 – w1u2 – Walkera (1985, rys. 3.1.) – powinno być: Walker (1985), rys. 3.1.
- str. 22 – w10u3 – własności – powinno być: właściwości
- str. 22 – w4u4 – następne – powinno być: następnie
- str. 22 – w8u4 – w oparciu o prace Glembotskiego (1958), Deng i in. (2010) zalecają dla ... – powinno być: w oparciu o prace Glembotskiego (1958), Deng i in. (2010), którzy zalecają dla
- str. 23 – rys. 5.1 błędnie przypisana grupa funkcyjna Alkiloditiofosforan ma OCS_2 zamiast O_2PS_2 zaś ksantogenian O_2PS_2 zamiast OCS_2
- str. 23 – w5u3 – elektrododatnim – powinno być: elektrododatni
- str. 25 – w7u2 – tabeli – powinno być: tabela
- str. 25 – w5u4 – podano w opisie rudy węglanowej, że okruszcowanie siarczkami występuje w postaci drobnych ziaren o wielkości nie przekraczającej 3 mm średnicy – czy jest to rzeczywiście ta wielkość?
- str. 26 – w2u1 – najniższe – powinno być: najdrobniejsze
- str. 30 – w16u2 – co powoduje obniżkę uzysku miedzi – powinno być: wpływa na niższą wartość uzyskiwanego uzysku
- str. 30 – w4u3 – brak odniesienia literaturowego do stwierdzenia: ...Taki charakter zależności został potwierdzony wielokrotnie i w różnej skali, poczynając od laboratoryjnej poprzez pilotową na zakładach przemysłowych kończąc...
- str. 31 – w8u1 – brak daty dla podanych informacji
- str. 32 – w1u3 – przygotowanie urobku do mielenia nie jest jak podano operacją technologiczną
- str. 39 – w2u2 – zdanie jest niezrozumiałe: „...Właściwości flotacyjne minerałów zawartych w polimetalicznym urobku różnią się znacząco, a na ich wpływ ma wiele czynników...” – czy nie powinno ono brzmieć: Właściwości flotacyjne minerałów

zawartych w polimetalicznym urobku różnią się znacząco, na co ma wpływ wiele czynników.

str. 47 – w11u1 – ...łańcuch... – powinno być: łańcuchu

str. 39 – w9u3 – ...przemysłowych w okresie... – powinno być: przemysłowych z okresu

str. 39 – w15u3 – równania (7, Duchnowska ... – powinno być: równania 7 (Duchnowska ...

str. 117 – w6u1 – ...na poziomie do wartości wskaźnika... – powinno być: na ...poziomie wartości wskaźnika ...

str. 140 – w6u1 – łukowej – powinno być: łupkowej

str. 145 – w8u1 – tabeli – powinno być: tabela

str. 145 – w9u3 – ...dla wyników dla badanych zbieraczy... – powinno być: ...dla wyników badanych zbieraczy...

str. 151 – w4u1 – F-Snedecora – powinno być: F-Snedecora

str. 151 – w6u1 – t-studenta – powinno być: t-Studenta

str.152 – w2u3 – t-studenta – powinno być: t-Studenta

str.154 – w2u4 – złóż – powinno być: złoża

Forum