

Wrocław 30.08.2017 r.

Dr hab. Antoni Muszer
Uniwersytet Wrocławski
Wydział Nauk o Ziemi i Kształtowania Środowiska
Instytut Nauk Geologicznych
Zakład Surowców Mineralnych
Pracownia Analiz Surowców Mineralnych
e-mail: antoni.muszer@uwr.edu.pl

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Małgorzaty Krzemińskiej
pt. „Wpływ mieszania kolektorów flotacyjnych na efektywność wzbogacania rud miedzi”

1. Wstęp.

Rozprawa doktorska mgr inż. Małgorzaty Krzemińskiej pt. „Wpływ mieszania kolektorów flotacyjnych na efektywność wzbogacania rud miedzi” została przygotowana na Wydziale Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej, pod kierunkiem dr hab. inż. prof. nadzw. Andrzeja Łuszczkiewicza.

Recenzowana dysertacja liczy 165 stron tekstu, łącznie ze spisem literatury oraz 4 załączniki (105 stron) z wykonanych prac badawczych, zestawionych w formie tabelarycznej. Zatem obejmuje łącznie 272 strony. Praca składa się z części literaturowej (10 rozdziałów z podrozdziałami) oraz części eksperymentalnej (5 rozdziałów z podrozdziałami), zawiera 44 tabele oraz 84 rysunki sporządzone na bazie tabel zamieszczonych w załącznikach. Kończy ją podsumowanie wyników badań oraz wnioski związane z wykonanymi eksperymentami naukowymi.

2. Cel i konstrukcja pracy

Cel pracy doktorskiej został jasno i wyraźnie przedstawiony w pierwszym rozdziale (str. 6, 7). Głównym celem przeprowadzonych badań było, według autorki, „określenie wpływu wybranych mieszanin kolektorów na proces flotacji minerałów siarczkowych oraz dobór odpowiedniej mieszanki w warunkach zmienności mineralogicznej urobku przerabianego w KGHM Polska Miedź S.A.”. Tego typu zadanie, wpisuje się w konieczne w technologiach przerobczych poszukiwania dróg poprawy wzbogalności poszczególnych kruszców różnych metali poprzez odpowiedni dobór nie tylko jednego odczynnika zbierającego, lecz grupy wzajemnie wspomagających się substancji, w trakcie procesu flotacji. Nie ulega więc wątpliwości, że ten kierunek badań zaplanowany i wykonany przez doktorantkę może mieć

wpływ na wyniki finansowe największego koncernu wydobywczego w Polsce. Recenzowana rozprawa ma zatem charakter wyraźnie utylitarny, wiążąc świat nauki i badań eksperymentalno-naukowych z szeroko pojętym przemysłem. Eksploatacja coraz to głębszych partii złoża LGOM-u, a także pogarszająca się wzbogacalność rud siarczkowych Cu, przekładają się na wyniki finansowe koncernu górniczo-hutniczego KGHM Polska Miedź S.A. Szczególny wpływ na te wyniki mają Zakłady Wydobywcze Lubin. Kopalnia i związany z nią ZWR Lubin przerabia rudę najtrudniej wzbogacalną ze względu na skład mineralny. Z uwagi na liczne zrosty i przerosty minerałów Cu-nośnych z innymi kruszcami oraz z minerałami skałotwórczymi oraz na coraz to niższą zawartość sumaryczną Cu w rudzie, wybór tej rudy przez doktorantkę do badań naukowych, wydaje się najbardziej trafnym.

Kompozycja recenzowanej pracy oraz jej podział na dwie ściśle łączące się części, tj. część literaturową i eksperymentalną nie budzi zastrzeżeń. Szczególnie dotyczy to zawartości procentowej udziału tych dwóch części dysertacji. Część literaturowa (opisowa) zawierająca podstawowe informacje o procesie flotacji, jego parametrach, wpływie poszczególnych odczynników zbierających oraz mechanizmach wydzielania z zawiesiny flotacyjnej poszczególnych kruszców, zostały przedstawione na 50 stronach, co stanowi ok. 30% części tekstowej a w stosunku do całości pracy stanowi zaledwie 18 %. Na szczególną uwagę zasługują rozdziały 3 i 4, gdzie w jasny i przystępny sposób omówiono najważniejsze aspekty potencjału elektrochemicznego, mającego wpływ na zależności uzysku poszczególnych kruszców w trakcie flotacji, jak i wpływ poszczególnych kolektorów adsorbujących na wybranych minerałach rudnych. Właściwości zbierające poszczególnych odczynników chemicznych, a szczególnie ich mieszaniny, np. ksantogenianów etylowego i izobutyłowego, zostały w sposób przejrzysty przedstawione w rozdziale 5. W kolejnym rozdziale 6 doktorantka przedstawiła uwarunkowania mineralogiczno-petrograficzne procesów wzbogacania w powiązaniu do składu mineralnego rudy miedzi pochodzącej z obszaru LGOM-u. Jak zauważyła doktorantka, decydującymi czynnikami wpływającymi na proces flotacji oraz zachodzące wewnątrz zawiesiny flotacyjnej zjawiska fizykochemiczne, są nie tylko skład minerałów rudnych, ale też skład minerałów skałotwórczych. Ich zawartość jest ściśle skorelowana z typem przerabianego urobku, a więc z określoną odmianą litologiczną, wydobywaną w poszczególnych kopalniach koncernu KGHM Polska Miedź S.A.

Wstępna części pracy doktorskiej zwieńczona została rozdziałami 7-9. Rozdział 7 omawia proces technologiczny przeróbki rud miedzi, rozdział 8 - zakres stosowalności odczynników zbierających w KGHM-ie, natomiast rozdział 9 charakterystykę flotowalności

minerałów siarczkowych. Rozdział 9 wyraźnie świadczy o wielkiej pracy jaką wykonali wcześniejsi badacze procesów flotacyjnych (Potulska 2008, Zarudzka 2010, Bakalarz 2012, Łuszczkiewicz et al 2012, 2013 i inni) wiążąc je ściśle z uzyskiem minerałów siarczkowych zawartych w koncentracie oraz w odpadzie.

Ostatni rozdział (rozdział 10) w pierwszej części pracy, w zamyśle doktorantki jest klamrą spinającą część początkową, opisową z częścią eksperymentalną. W skrótowy sposób omówiono w nim cel zaplanowanych eksperymentów, wskazując na to, że różnica jednego atomu węgla w rodniku alkilowym nie jest wystarczająca dla zapewnienia korzystnych warunków flotacji. Tego typu podejście do procesu, jednoznacznie wskazuje kierunek eksperymentów flotacyjnych, opartych na połączeniu w procesie flotacji ksantogenianów tzw. słabych z silnymi, tzn., takich, które charakteryzują się różnicą co najmniej dwóch atomów długości łańcucha alkilowego. Ponadto, co zauważa doktorantka, oprócz wagi w doborze odczynnika flotacyjnego, istotną rolę odgrywa także grupa funkcyjna zawarta w jego budowie. Dlatego w procesie flotacji razem z ksantogenianami stosuje się inne kolektory chelatowe typu S-S np. alkiloditiofosforany lub alkiloditiokarbaminiany. Te ostatnie zwane aeroflatami mają bardzo szerokie spektrum działania, a ich dobór do procesu flotacji związany jest ze strukturą i długością łańcucha alkilowego.

Część eksperymentalna rozpoczynająca się od rozdziału 11 stanowi zasadniczą część recenzowanej dysertacji. Prace eksperymentalne przedstawione przez doktorantkę obejmowały zarówno badania laboratoryjne (etap I), jak i przemysłowe (etap II). Wstępem do badań przemysłowych były badania laboratoryjne, co uznać należy za prawidłową drogę rozwiązywania problemu naukowo-badawczego.

Pobranie materiału reprezentatywnego do badań (I ciąg technologiczny ZWR Lubin), uśrednienie w podzielniku Jonesa, przygotowanie nadawy w młynku kulowym w celu otrzymania materiału homogenicznego o odpowiednim uziarnieniu, a następnie rozdział na pomniejszaczku wibracyjnym (rozdział 12) należy uznać za profesjonalnie dobrany schemat postępowania przygotowawczego do badań eksperymentalnych. Jedyne zastrzeżenie recenzent ma do próbek pobranych z II zmiany roboczej w dniu 27.07.2015 oraz I zmiany roboczej z dnia 30.07.2015. Analizując tabelę 12.1 można zauważyć znaczną różnicę w zawartości miedzi pomiędzy pozostałymi próbkami pobranymi do badań eksperymentalnych. Przy bardzo podobnym uzysku Cu w koncentracie, rzędu 86 % (ostatnia kolumna) oraz podobnej zawartości Cu w odpadzie, oznacza, to, że w nadawie w tym okresie na taśmociągu pojawiła się ruda o znacznej zawartości chalkozynu, co nie jest reprezentatywne dla Kopalni

Lubin. W przypadku zmiany I z dnia 30.07.2015 mieliśmy do czynienia z wyraźnym zubożeniem kruszców miedzi na taśmociągu. W badaniach eksperymentalnych skrajne próbki z reguły są odrzucane i nie są wykorzystywane w badaniach. Recenzent podejrzewa, że doktorantka o dość nietypowym składzie nadawy do swoich eksperymentów, dowiedziała się „post factum”, tzn. w późniejszym czasie, i nie można już było wyeliminować ich wpływu na zmielony materiał. Charakterystyka nadawy do badań eksperymentalnych (tab. 12.3) świadczy o bardzo trudnym (trudnowzbogacalnym) materiale do eksperymentów flotacyjnych. Przy takim materiale, uzyskanie pozytywnych wyników podczas eksperymentów laboratoryjnych należy uznać za duży wkład doktorantki w rozwikłanie problemu badawczego. W rozdziale 13 przedstawiono metodykę postępowania w eksperymentach flotacyjnych opartych na wieloletnich doświadczeniach wrocławskiego ośrodka promotora pracy, dawnego Zakładu Doświadczalnego KGHM w Lubinie.

Rozdział 14 recenzowanej dysertacji zawiera najistotniejsze informacje dotyczące eksperymentów badawczych. Analizę wyników wykonanych badań flotowalności rudy z ZWR Lubin oparto na bilansach masowych oraz na krzywych wzbogacania Fuerstenaua, Henry'ego oraz Halbicha. Rozdział ten, wraz z podrozdziałami, stanowi prawie 33 % recenzowanej pracy. Doktorantka omówiła w nim wyniki badań laboratoryjnych w oparciu o bilanse masowe i wspomniane powyżej krzywe wzbogacania. Na podstawie otrzymanych wyników eksperymentów wstępnych i właściwych, przeanalizowała zachowanie się w procesie flotacji zarówno głównych kruszców miedzi, jak i metali, tj. miedzi, srebra, ołowiu oraz substancji organicznej, mającej istotny wpływ na proces flotacji. Wyniki eksperymentów flotacyjnych doktorantka poddała analizie statystycznej. W tym miejscu, na duży plus należy zaliczyć wybór przez doktorantkę aproksymacji rozkładu wskaźnika rozkładu selektywności a , przy odrzuceniu wskaźników selektywności b i c , z uwagi na wysokie wartości standardowego błędu estymacji. Przyglądając się wynikom zaprezentowanym w dysertacji, rzuca się w oczy bardzo wysoki wskaźnik współczynnika R^2 we wszystkich eksperymentach badawczych, wynoszący z reguły od 0,98 do 1,00. Świadczy to o bardzo dobrym dopasowaniu analizowanych krzywych do wyniku matematycznego hiperboli. Wyniki badań eksperymentalnych są ze sobą wyraźnie skorelowane i nie budzą zastrzeżeń, gdyż wnioski zawarte na stronie 76 dysertacji, potwierdzają analizę krzywych Fuerstenaua podsumowane na stronie 144. Na pierwszej z wymienionych stron autorka stwierdza, że „w przypadku mieszanin czystych ksantogeanianów oraz zawierających DTP w swoim składzie, najlepiej koncentruje się miedź, natomiast na str. 144, tego typu zjawisko jest potwierdzone poprzez

analizę zachowania się kruszców miedzi wobec tych samych mieszanin zbieraczy. Oznacza to wyraźne potwierdzenie prawidłowości wnioskowania w niniejszej pracy. Na uwagę zasługuje tabela 14.20 (str. 144), gdzie widać wyraźnie problem zawierania kompromisów w dozowaniu odczynników flotacyjnych. Przy zastosowaniu MXNa:DTP w stosunku 1:0,43 wyciągniemy z pulpy flotacyjnej najbardziej pożądanym minerał miedzionośny, tj. chalkozyn/digenit, jednocześnie wyflotujemy najmniej potrzebny w przemyśle hutniczym piryt/markasyt. Przy wzroście stosunku MXNa:DTP spadnie nam wskaźnik selektywności najbardziej zasobnego w Cu minerału (chalkozynu/digenitu), ale wzrośnie nam udział w koncentracji pozostałych minerałów, mniej zasobnych w Cu. Można to wykorzystać np. w ZWR Polkowice, gdzie zawartość chalkozynu/digenit osiąga z reguły średnio 80 % obj. kruszców.

Wyniki badań laboratoryjnych, opartych o zastosowanie zbieraczy MXNa:DTP, autorka wykorzystała w zaplanowanych badaniach przemysłowych (rozdział 15). Zestawione wyniki wskaźników wzbogacania (tab. 15.2) nie budzą u recenzenta jakichkolwiek wątpliwości co do rzetelności wnioskowania, gdyż zastosowanie różnych ilości MXNa:DTP, na różnych zmianach nie może mieć wpływu na współczynnik a . Z danych wcześniej przytoczonych przez autorkę wynika, że jedynie chalkozyn jest czuły na mniejszy stosunek tych zbieraczy. Zawartość chalkozynu/digenitu w rudzie z kopalni Lubin od lat jest na 3, 4 miejscu pod względem zawartości kruszców miedzi. Tak więc wnioskowanie zawarte na stronie 147-149 jest prawidłowe i nie wymaga komentarza. Przeprowadzona ocena statystyczna badań przemysłowych w oparciu o test błędu grubego Q-Dixona, test F-Snedecora równości wariancji oraz najważniejszy test t-studenta, potwierdziły słuszność i prawidłowość wyciągniętych wniosków przez doktorantkę.

Całość pracy doktorskiej zwieńczona została rozdziałem podsumowującym wyniki badań oraz wnioskami. Rozdziały te napisano w sposób klarowny i czytelny dla potencjalnego czytelnika, nie będącego profesjonalistą w procesach flotacyjnych. Rozprawa zawiera wnioski końcowe zebrane w logiczny i przejrzysty sposób w 11 punktach, które pokazują, że nadrzędny cel pracy został osiągnięty. Na uwagę zasługuje bardzo istotny wniosek z przeprowadzonych badań naukowych, mówiący o tym, że dla I ciągu technologicznego ZWR Lubin najlepszym odczynnikiem zbierającym jest mieszanina MXNa lub mieszanina MXNa z dodatkiem DTP (dietyloditiofosforanu sodu). Wzrost ilości DTP w mieszaninie kolektorów powoduje wzrost selektywności wzbogacania rudy miedzi.

3. Uwagi szczegółowe

Praca została napisana poprawnym językiem, a autorka starała się opisać wyniki badań w sposób jasny i klarowny, choć w wielu miejscach nie ustrzegła się powtórzeń. Gdzieś tam recenzent czuł niedosyt wynikający ze zbyt skrótowego opisu, szczególnie w odniesieniu do dyskusji uzyskanych wyników badań. Dostrzeżone błędy i nieścisłości w odniesieniu do poszczególnych rozdziałów pracy doktorskiej zostały omówione poniżej.

- wprowadzenie i cel pracy, jak też podsumowanie (s. 154) i wnioski (s. 157) powinny mieć numerację uporządkowaną, co przyczyniłoby się do lepszego odbioru konstrukcji pracy

- s. 6, wers 3: wydaje się, że powinno być w „ciągach technologicznych”, gdyż każdy ZWR ma inny ciąg technologiczny

- s. 11, tab. 2.1., niepotrzebny znak przecinka po słowie „zwilżania”

- s. 11, wers 10, słabo hydrofobowy to nadal oznacza hydrofobowy, proponuję dodać przymiotnik np. silniej, i wyrzucić nawias

- s. 12; wers 3-8, wyraźna sprzeczność myśli: w zakresie potencjału od -0,4 V do -0,2 V dla chalkozynu, bornitu i druga myśl: „najlepsze efekty dla tych minerałów od -0,2V do 0 V”

- s. 15, wers 6; powinno być dietyloditiofosforan,

- s. 25, wers 5, ujęcie „cechsztyńskich łupków miedzionośnych” w kontekście litologii: piaskowiec, łupek, węglan jest nie na miejscu. Węglany też należą do facji cechsztyńskiej.

- s. 25, wers 8; proponuję zamianę określenia eksploatacji selektywnej z niemożliwej na: „selektywna eksploatacja z różnych powodów jest utrudniona”,

- s. 25, wers 9, błędne określenie na odmiany litologiczne rudy: powinno być: W LGOM-ie wydzielono trzy główne odmiany litologiczne, tj. rudę piaskowcową (nie piaskowiec), węglanową (nie węglany), i łupkową (nie łupki). Ruda piaskowcowa to nie piaskowiec.

- s. 25, wers 9; jest tabeli, powinno być tabela,

- s. 25, wers 10, właściwościami mineralnymi, a nie mineralogicznymi

- s. 25, wers ostatnia; brak kropki

- s. 26, wers 4, zmienność mineralną a nie mineralogiczną

- s. 26, trzy linie ostatnie, tekst niezrozumiały

- s. 27, brak powołania w tekście na tabelę 6.3.

- s. 29, wers 10; niefortunny styl, to nie odmiany litologiczne obecne w urobku zachowują się w trakcie wzbogacania, a składniki czyli minerały zawarte w asocjacji lub paragenezie, w różny sposób poddają się procesowi flotacji, a czym wcześniej w pracy napisano.

- s. 30, wers 11, w sprawie słabej flotowalności „rudy łupkowej” proponuję zacytowanie wielu nowszych prac niż z lat 60-tych ubiegłego wieku.

- s. 31, wers 8 od dołu; proponuję wyrzucenie słowa „niskie” i przebudowanie zdania dotyczącego zawartości miedzi w złożu. Większość koncernów wydobywczych chciałaby tak „niskich” zawartości w złożach eksploatowanych. Jedynie w starożytności w Babilonie, Grecji i Egipcie i innych miejscach znane są przypadki wykorzystania rudy Cu bezpośrednio po wydobyciu.

- s. 35, 36; cytowanie autorów w tekście powinno być ujednolicone, np. Deng i in 2010 s. 22, a nie Izdebska-Wójtowicz i zespół autorów 1997 s. 35, 36. W spisie literatury wszyscy autorzy powinni być wymienieni,

- s. 39, wers. 10; recenzentowi wydaje się że „uwarunkowania genetyczne i geochemiczne złoża” nie mogą mieć wpływu na flotowalność, natomiast paragennezy mineralne (czyli skład, zrosty, przerosty, wielkość poszczególnych ziarn mineralnych, struktury i tekstury minerałów rudnych) znajdujące się w poszczególnych odmianach litologicznych rudy na pewno odgrywają rolę.

- s. 39, wers 5 od dołu; czy kółko słabo widoczne obok cyfr oznacza stopnie? , nieczytelny zapis,

- s. 39, wers 4 od dołu, proponuję porównywać hydrofobowość chalkozynu do bornitu a nie do kowelinu, znaczenie kowelinu w ilości kruszców z poszczególnych odmianach rudy (tab. 9.1) jest znikoma a bornit jest wyraźnie bardziej hydrofobowy od kowelinu (tab. 2.1).

- s. 41, wers 8 od dołu; niepotrzebny nawias po 1.

- s. 49, wers 2 od dołu powinno być alkiloditiofosforan,

- s. 50, wers 2; „wykonano badania nad” proponuję zamienić „wykonano badania związane z opracowaniem”,

- s. 50, wers 7 od dołu; „przerabiany na tym ciągu materiał to”, proponuję zamienić na „przerabiany na tym ciągu materiał stanowi w przewodzie” ,

- s. 51-52; brak informacji w tekście gdzie wykonano eksperymenty flotacyjne oraz gdzie przygotowano próbki.

- s. 57, wers 6; „wdzielono” - niezrozumiały kontekst, czy chodzi o wydzielenie, czy o połączenie produktów?

- s. 59, linie dolne ze wzorami, proponuję ujednolicenie całego tekstu, jeśli równanie 7 (s. 57) ma opis parametrów pod spodem, to proponuję trzymać się założonej koncepcji opisu parametrów równań. Czytelnik nie znający systemu skrótów stosowanych w przeróbce nie będzie musiał sięgać do pierwszej strony pracy, co wzmocni czytelność i zrozumienie tekstu.

- s. 60, wers ostatnia; standardowy błąd estymacji powinien mieć opisane poszczególne zmienne; nie każdy potencjalny czytelnik dysertacji prowadzi zajęcia ze statystyki, tak jak prowadzi to recenzent w ramach pensum dydaktycznego,

- s. 61, akapit pierwszy, linie 1-8; dwa sprzeczne wnioski oparte o te same wykresy 14.1 i 14.2; analiza wskazuje, że krzywe charakteryzują się zbliżonym przebiegiem (wzbogacają się podobnie), niżej w tekście „różnią się” wzbogacalnością,

- s. 63, 64, 65; 72, 75, ryciny w tekście powinny mieć podpisy na stronach gdzie znajdują się ryciny,

- s. 78, tab. 14.10 i s.79, należy napisać, czy zawartości procentowe siarczków odnoszą się do % objętościowych czy % wagowych,

- s. 80, dyskusja nad porównaniem systemu MLA i tradycyjnego przesiewu nadawy oraz zrostów, jest bardziej skomplikowana. Należy nadmienić, że system MLA pracuje w przestrzeni 2D, a sito w przestrzeni 3D.

- s. 83, pierwszy akapit; zdanie zbędne przy założonym $P_{80} < 40 \mu\text{m}$,

- s. 83, stopień uwolnienia siarczków bardzo słabo scharakteryzowany, szczególnie, że poszczególne kruszce mają różne uwolnienie w zależności od badanej frakcji,

- s. 94, wniosek z wersetu 16 w stosunku do wersetu 1 s. 94 i tabeli 14.11 bardzo wątpliwy, ze względu na informację w dalszych wersach o występowaniu wolnych ziarn chalkopirytowych w odpadzie.

- s. 97, wers 6, jest w „postaci impregnacji”, źle użyte słowo, powinno być w postaci przerostów. Impregnacja jako forma występowania minerału oznacza przesycenie lub drobnoziarniste, submikroskopowe wrostki w obrębie skały lub innych minerałów rudnych lub skałotwórczych,

- s. 103, akapit 1, zdanie o występowaniu kowelinu w nadawie głównie w postaci ziarn nieuwolnionych jest nieuprawnione- patrz tabela 14.11. Tabela Z2.57 odnosi się do produktów flotacji a nie nadawy,

- s. 127, wers 19-20; wniosek o wpływie stopnia uwolnienia i rozdrobnienia pirytu/markasytu na niską selektywność wzbogacania należy uznać za zbyt pochopny. Piryt/markasyt należą do tych kruszców, które ze względu na twardość i charakter występowania bardzo dobrze ulegają zmieleniu, dlatego większość ziarn tych dwóch kruszców jest wolna ze względu na zrosty z minerałami płonnymi, natomiast zrośnięta dla systemu MLA. Komputer postrzega zrosty z innymi minerałami rudnymi jako zrośnięty minerał. Dla procesu flotacji zrost piryt/bornit i chalkopiryt nie jest zrostem, dla systemu komputerowego tego typu agregat/ziarno jest zrostem.

- s. 143, wers 3, powinno być tabela 14.19
 - s. 145, wers 8, powinno być tabela 15.1
 - s. 155, wers 4, proponuję „dostarczyły danych” zamiast „dostarczyły dane”
 - s. 158, wniosek 5; nie jest prawdziwy, że siarczki miedzi występowały jako ziarna mniejsze niż 20 μm , wystarczy spojrzeć na tab. 14.11,
 - s. 158, wers 13; nie ma „drobniejszej mineralizacji nadaw”, nadawy (czyli rudy) zawierają w swoim składzie coraz drobniejsze ziarna kruszców, dlatego trzeba je zmielić bardzo drobno, aby odsłonić je na działanie czynnika flotacyjnego,
 - s. 159, brak opisu tabeli zbiorczej
- Recenzent ma nadzieję, że wskazanie powyższych błędów i nieścisłości, przyczyni się do poprawienia tekstu w przypadku przekazania go do druku.

4. Ocena końcowa

Powyższe uwagi szczegółowe, nie umniejszają oraz nie podważają merytorycznej wartości pracy. Większość z nich są to uwagi typowo redakcyjne, a uwagi merytoryczne stanowią tło do potencjalnej dyskusji. Przeprowadzone badania stanowią kontynuację badań wykonywanych od wielu lat pod kierunkiem promotora prof. dr hab. Andrzeja Łuszczkiewicza. Powiązanie badań nad flotacją poszczególnych kruszców miedzi i innych siarczków metali z ich składem paragenetycznym, rozdrobnieniem ziarnowym, wielkością kruszców, dobranymi spieniaczami i kolektorami flotacyjnymi świadczą o nowatorskim podejściu do zagadnień z dziedziny „mineral engineering”. Recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Małgorzaty Krzemińskiej jest oryginalnym opracowaniem autorki i wnosi istotny wkład do wiedzy na temat procesów flotacyjnych rudy pochodzącej z ZWR Lubin. Co więcej, recenzowana rozprawa oprócz elementów naukowych niesie za sobą aspekty użytkowe, a jej wyniki mogą zostać wykorzystane w pracach prowadzących do zwiększenia uzysku miedzi i zmniejszenia jej strat w odpadach flotacyjnych składowanych na Żelaznym Moście.

W recenzowanej pracy pani mgr inż. Małgorzata Krzemińska wykazała się znajomością ogólnej i szczegółowej wiedzy teoretycznej, dotyczącej mechanizmów analizowania procesów technologicznych, jak i analizowania produktów końcowych po przejściu przez te procesy. W trakcie badań wykazała się także znajomością podstawowych procedur i technik badawczych oraz narzędzi statystycznych umożliwiających wyciągnięcie prawidłowych wniosków wynikających z przeprowadzonej analizy. Doktorantka potrafiła wszystkie zagadnienia spiąć w jedną, logicznie przedstawioną całość. Opanowała także sposób pisania prac naukowych a przedstawiony do recenzji tekst świadczy o wysokim kunszcie doboru słów i zdań w celu przedstawienia swoich

racji. Język polski zaprezentowany w pracy doktorskiej w wydaniu doktorantki zasługuje na uznanie.

5. Wniosek

Praca naukowa przedstawiona do recenzji dotyczy dyscypliny naukowej górnictwo i geologia inżynierska. Treść zawarta w niej świadczy o bardzo dobrej wiedzy teoretycznej kandydatki, a także o jej umiejętnościach samodzielnego prowadzenia prac naukowych w tej dyscyplinie. Dysertacja stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Z pełnym przekonaniem stwierdzam, że praca doktorska pani mgr inż. Małgorzaty Krzemińskiej spełnia warunki i wymagania stawiane rozprawom doktorskim, określone w Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 r (Dz.U. nr 65 poz. 595 z późniejszymi zmianami).

Z uwagi na powyższe, stawiam wniosek o dopuszczenie mgr inż. Małgorzaty Krzemińskiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Antoni Kusser