

Zabrze, 2021-03-17

dr hab. inż. Katarzyna Leszczyńska-Sejda  
Lider Obszaru Hydrometalurgii – Kierownik Zakładu Hydrometalurgii  
Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Metali Nieżelaznych

## **RECENZJA**

### **pracy doktorskiej Pani mgr inż. Sabiny A. Matuskiej pod tytułem „Ługowanie siarczkowe koncentratów miedzi w warunkach hydrotermalnych”**

**Promotorem pracy jest Pan prof. dr hab. Leszek Rycerz**

#### **Charakterystyka pracy doktorskiej**

Praca doktorska złożona do oceny przez Panią mgr inż. Sabinę A. Matuską składa się z 163 stron tekstu, w tym 133 rysunków oraz 21 tabel. Podzielona została na 6 głównych rozdziałów tj.: wprowadzenie; część literaturowa; część eksperymentalna; wyniki badań; podsumowanie i wnioski; literatura. Praca zawiera również spisy symboli, rysunków i tabel. Oprócz tego w pracy podanych zostało 100 pozycji literaturowych.

W pierwszym rozdziale pracy „Wprowadzenie” Pani mgr inż. Sabina A. Matuska opisała głównie informacje historyczne dotyczące miedzi oraz przedstawiła zalety i wady stosowania metod hydrometalurgicznych do odzysku metali. Rozdział ten zawiera 2 strony tekstu.

W drugim rozdziale pracy „Część literaturowa” Pani mgr inż. Sabina A. Matuska podzieliła zawarte w nim informacje na cztery podrozdziały. Pierwszy z nich zawiera informacje dotyczące charakterystyki złóż miedziowych. Z kolei drugi to opis właściwości złóż miedziowych występujących w Polsce, czyli tzw. Złóża Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego (LGOM) oraz technologii jego przerobu. Natomiast w trzecim podrozdziale Doktorantka przedstawiła ogólną definicję badań hydrometalurgicznych (ze szczególnym uwzględnieniem procesu ługowania) oraz światowy przegląd literatury dotyczący metod odzysku miedzi z zastosowaniem technik hydrometalurgicznych. Z kolei w czwartej części Doktorantka opisała cel i zakres pracy, który dotyczy możliwości skutecznego przerobu koncentratu Lublin (z KGHM) w warunkach hydrotermalnych, z uwzględnieniem głównie

miedzi, ale również metali towarzyszących jakimi są: Co, Ni, Zn i Fe. Rozdział ten zawiera 29 stron tekstu, w tym 3 rysunki i 4 tabele.

W trzecim rozdziale pracy „Część eksperymentalna” Pani mgr inż. Sabina A. Matuska podzieliła zawarte w nim informacje na trzy podrozdziały. Pierwszy z nich zawiera charakterystykę materiału badawczego, czyli koncentratu Lubin, w drugim Doktorantka opisała metodykę badań, a w trzecim przedstawiła stosowane metody analityczne. Rozdział ten zawiera 18 stron tekstu, w tym 7 rysunków i 7 tabel.

W czwartym rozdziale pracy „Wyniki badań”, stanowiącym główną część pracy Pani mgr inż. Sabina A. Matuska podzieliła zawarte w nim informacje na pięć podrozdziałów. Pierwszy z nich dotyczy wykonanych analiz mineralogicznych materiału badawczego, w drugim Doktorantka przedstawiła wpływ parametrów ługowania w warunkach hydrotermalnych, w trzecim zaś umieściła informacje o wpływie obróbki wstępnej na proces ługowania materiału, w czwartym Doktorantka podała dane dotyczące zawrotów roztworów, a w piątym opisała kowelinizację, czyli przemianę siarczków Cu. Rozdział ten zawiera 88 stron tekstu, w tym 123 rysunki i 10 tabel.

W piątym rozdziale pracy „Podsumowanie i wnioski” Pani mgr inż. Sabina A. Matuska podsumowała swoje wyniki badań. Rozdział ten zawiera 4 strony tekstu.

Z kolei w szóstym rozdziale Doktorantka zestawiała spis pozycji literaturowych, ułożonych według alfabety. Spis ten zawiera 100 pozycji.

### **Ocena pracy doktorskiej**

Praca doktorska przygotowana przez Panią mgr inż. Sabinę A. Matuską została bardzo starannie napisana i estetycznie zaprezentowana. Doktorantka zastosowała prosty, jednak bardzo zrozumiały język, co jest dużą wartością tej pracy. W pracy znajdują się wprawdzie nieliczne błędy literowe, językowe i interpunkcyjne, jednak ich ilość jest tak znikoma, że w mojej opinii nie wpływa to na jakość i zrozumienie tekstu oraz wartość pracy. Praca moim zdaniem pod względem graficznym przygotowana została w sposób bardzo przejrzysty i czytelny. Umieszczone liczne rysunki oraz tabele są pełnym i koniecznym uzupełnieniem tekstu i zostały przygotowane w sposób odpowiedni. Jak już wspomniałam, praca została podzielona na 6 głównych rozdziałów, poniżej przedstawiłam komentarze i opinie do każdego z nich, jak również skierowałam do Doktorantki pytania i komentarze dotyczące wybranych aspektów pracy.

## **Wprowadzenie**

W pierwszym rozdziale pracy „Wprowadzenie” Doktorantka między innymi opisała zalety i wady stosowania metod hydrometalurgicznych. Według mojej opinii wszystkie umieszczone tam informacje są właściwe. Dyskusja, którą chciałabym zapoczątkować z Doktorantką dotyczy, aspektu zastosowania do odzysku metali, w tym miedzi, metod hybrydowych, czyli połączenia techniki pirometalurgicznej z hydrometalurgiczną. Bardzo interesuje mnie opinia Doktorantki w tym zakresie.

## **Część literaturowa**

Druga część pracy została podzielona na cztery podrozdziały.

W pierwszym podrozdziale Doktorantka przeprowadziła bardzo wnikliwą analizę rodzajów złóż występujących w świecie. Wszystkie dane zawarte w tej części pracy pochodzą z okresu 1990-2008, co w aspekcie analizy danych dotyczących ilości zasobów i ich rozmieszczenia jest w mojej opinii mało aktualne. Proszę o wyjaśnienie dlaczego Doktorantka w pracy nie uwzględniła bardziej aktualnych danych dostępnych np. na stronie [www.usgs.gov](http://www.usgs.gov) – cytowanej przez Doktorantkę w innej części pracy.

W drugim podrozdziale Doktorantka przedstawiła charakterystykę złoża LGOM oraz sposoby odzysku miedzi z powstających z niego koncentratów. W tekście na stronie 15 niniejszej pracy pojawia się szczegółowy opis procesu szybowego stosowanego w Hucie Miedzi Legnica i Głogów I. Dane tam opisane nie są aktualne, gdyż obecnie zarówno w liniach technologicznych Huty Głogów I, jak i Głogów II stosuje się proces zawieszinowy, który został wdrożony w październiku 2016 roku w HM „Głogów I”. Należy wspomnieć, że Hutę Miedzi "Głogów" obecnie tworzą dwie linie technologiczne – HM "Głogów I" i HM "Głogów II", w których do odzysku miedzi stosowany jest proces zawieszinowy. Proszę Doktorantkę o wyjaśnienie tych zapisów i ustosunkowanie się do ww. uwagi.

W trzecim podrozdziale Doktorantka przeprowadziła bardzo wnikliwą analizę światowej literatury dotyczącej metod odzysku miedzi z zastosowaniem technik hydrometalurgicznych, ze szczególnym uwzględnieniem ługowania ciśnieniowego. W tym miejscu chciałabym zapytać Doktorantkę o zestawienie wad i zalet procesu ciśnieniowego i bezcisnieniowego do odzysku Cu.

Na zakończenie części literaturowej niniejszej pracy (w czwartym podrozdziale) Pani mgr inż. Sabina A. Matuska przedstawiła w sposób konkretny cel i zakres swojej pracy. Opisany cel i zakres pracy uważam za zasadny i celowy oraz ważny dla postępu światowej

hydrometalurgii. W mojej opinii dla przejrzystości cel i zakres pracy powinny stanowić osobny rozdział pracy, a nie być końcową częścią przeglądu literaturowego.

Poniżej umieściłam dodatkowe uwagi i komentarze dotyczące tej części pracy.

W pracy pojawia się wielokrotnie stwierdzenie o domieszkach. W mojej opinii nazwa ta nie jest zasadna, gdyż Doktorantka ma na myśli metale (np.: Ag, Ni, Co, Pb, Zn) bądź składniki towarzyszące (np. As) w koncentraty miedzi zarówno te szkodliwe, jak i cenne. Moim zdaniem określenia „składniki towarzyszące” lub „pozostałe składniki” byłyby bardziej odpowiednie.

W pkt 2.2.2. pracy pojawia się w mojej opinii niefortunny tytuł tj. „*Komercyjna technologia produkcji miedzi ze złóż LGOM*”, który nie odzwierciedla umieszczonej tam treści tekstu.

W tekście tym również wielokrotnie umieszczono niezgodne z obowiązującymi zasadami nomenklatury nazwy związków chemicznych, np.: str. 18 – jest kwas siarkowy a powinno być kwas siarkowy(VI); str. 11 – jest siarczan niklu a powinno być siarczan(VI) niklu(II). Źródłem tej część tekstu jest Monografia KGHM, w której to pozycji takie nazwy są stosowane.

Ostatnią uwagą dotyczącą tej części pracy jest prośba o wyjaśnienie stwierdzenia, że „*Oprócz miedzi i srebra Kombinat produkuje także złoto, ołów, siarczan niklu, koncentrat platynowo-palladowy oraz kwas siarkowy(VI)*” - bardzo proszę Doktorantkę o uzupełnienie i wyjaśnienie tych informacji.

### **Część eksperymentalna**

W niniejszym rozdziale pracy Doktorantka przedstawiła trzy elementy, tj.: scharakteryzowała materiał badawczy, szczegółowo opisała metodykę badań oraz wskazała stosowane metody analityczne.

Materiałem badawczym jest tzw. koncentrat Lubin. Koncentrat ten pochodzi z produkcji KGHM z 2013 roku. W pracy Doktorantka podała skład tego koncentratu; określiła w nim zawartość Cu oraz innych składników, takich jak: Zn, Pb, Ag, Co, Ni, oraz Fe i As. Doktorantka dla podkreślenia odmienności składu koncentratu Lubin od innych krajowych koncentratów podała przykładowy skład koncentratu Polkowice, który jednak nie stanowił przedmiotu badań. To prawda, że w okresie z którego pochodził materiał badawczy koncentrat Lubin charakteryzował się niską zawartością Cu, wysoką zawartością Ag, Co i Ni oraz Fe. Obecnie po licznych zmianach technologicznych skład tego koncentratu uległ zmianie i nie stanowi głównego źródła Ag w KGHM. Jednak moje pytanie do tej części pracy dotyczy zawartości węgla organicznego w koncentracie Lubin. Dlaczego tak ważny składnik tego materiału nie

został podany? W tabeli 3.1. Doktorantka nie przedstawiła zawartości tego składnika. Mimo, że (jak wynika z tabeli 2.4.) ma świadomość wysokiej zawartości tego składnika w koncentracie Lubin i jego ważności dla wybrania metody odzysku Cu i innych cennych składników. Natomiast kolejne pytanie dotyczy metod analitycznych i miejsca wykonania badań. Czy przedstawione w tabeli 3.1. wyniki badań wykonane zostały przez Kombinat, czy stanowią analizy własne Doktorantki?

W kolejnym podrozdziale Doktorantka opisała metodykę badań. Metodyka badań została w mojej opinii przedstawiona w sposób właściwy i celowy. W tym miejscu proszę jednak o wyjaśnienie skali prowadzonych eksperymentów. Uwagę zwraca również brak prawidłowych nazw chemicznych w tabeli 3.6. np.: kwas siarkowy, kwas azotowy, amoniak, czy kwas solny. W pozostałym tekście w tym podrozdziale Doktorantka używa prawidłowych nazw. Brak jest również określenia czystości stosowanych gazów, np. tlenu.

W części „Metody analityczne” Doktorantka opisała zastosowane w badaniach techniki. Opisała głównie stosowane metody oznaczania stężeń wybranych metali w roztworach metodą ASA, metodą dimetyloglioksymową czy też zastosowanie miareczkowania potencjometrycznego. Doktorantka opisała metodykę oznaczania lepkości i gęstości cieczy powstałych po ługowaniu w badaniach dotyczących zawrotów roztworów. Brak opisu natomiast w tym podrozdziale metod oznaczeń materiału wejściowego oraz wszystkich materiałów stałych. Z tego względu moje pytania są następujące:

- 1) czy i jak określano zawartość metali w materiałach stałych powstałych po ługowaniu?
- 2) czy analizy roztworów ww. metodami wykonane zostały przez Doktorantkę, czy też np. w akredytowanym laboratorium?
- 3) jak Doktorantka oznaczała i czy oznaczyła zawartość Ag - głównie w materiałach stałych?
- 4) jak i czy Doktorantka określiła skład materiału skierowanego do badań?

Chciałabym również zwrócić uwagę na pewne językowe lapsusy. Moim zadaniem nazywanie koncentratu Lubin „*koncentratem komercyjnym*” jest mało trafione, gdyż koncentrat ten przerabiany jest w całości w rodzimej hucie i nie stanowi materiału handlowego. Po za tym należy zwrócić uwagę, że stwierdzenie „*badania zostały wykonane na komercyjnym siarczowym koncentracie miedzi*” jest nieprawidłowe, ze względów stylistycznych, badania mogą zostać wykonane „przy użyciu” bądź „z zastosowaniem” takiego materiału. Tego typu błąd językowy pojawia się w wielu miejscach pracy.

## Wyniki badań

W części „Wyniki badań” Doktorantka bardzo szczegółowo opisała w pięciu podrozdziałach wyniki swojej pracy. Moim zdaniem zrealizowany został w pełni zaplanowany przez Doktorantkę zakres zaplanowanych prac badawczych. Należy również podkreślić, że ilość badań przeprowadzonych jest znacząca, a ich analiza została przeprowadzona w sposób rzeczowy, czytelny i celowy.

Pierwszy podrozdział dotyczy badań mineralogicznych materiału wsadowego, czyli koncentratu Lubin. Doktorantka przeprowadziła analizy mineralogiczne oraz analizy składu ziaren, analizy SEM oraz analizy składu ziarnowego. W pracy Doktorantka nie umieściła jednak nazwy aparatów pomiarowych, które były wykorzystywane w badaniach. Doktorantka z zastosowaniem analiz mineralogicznych określiła z jakiego typem materiału ma doczynienia i wskazała całkowitą zawartości minerałów metalonośnych na poziomie 27%, co ważne w tym 22,6% stanowiły siarczki miedzi. Doktorantka określiła również uziarnienie, skład poszczególnych frakcji ziarnowych, jak i typ połączeń występujących w badanym materiale. Przeprowadzone gruntowne badania, jak ich analiza dała nową, ważną wiedzę o materiale kierowanym do badań. Dyskusja, którą chciałabym zapoczątkować z Doktorantką, dotyczy możliwości wytypowania frakcji, którą można byłoby oddzielić i poddać selektywnemu ługowaniu celowego składnika. Czy zdaniem Doktorantki istnieje taka frakcja? - lub drogą eliminacji - Czy istnieje frakcja, którą należy odrzucić z procesu ługowania? Bardzo interesuje mnie opinia Doktorantki w tym zakresie.

W drugim podrozdziale Doktorantka opisała szereg badań ługowania materiału w warunkach hydrotermalnych stosując metodę OFAT. W pracy pojawia się stwierdzenie, że wartości pozostałych parametrów, z wyjątkiem temperatury, Doktorantka dobrała na podstawie wcześniejszych prac innych naukowców – proszę Doktorantkę o wyjaśnienie tego stwierdzenia.

Pierwszy cykl badań przeprowadzony przez Doktorantkę dotyczył określenia wpływu temperatury na skuteczność ługowania miedzi. Jak twierdzi Doktorantka, badania prowadziła z zastosowaniem wcześniej wysuszonego materiału o składzie podanym w tabeli 4.3. Przetestowała zakres temperatury 120-180°C. Doktorantka uznała, że temperatura ma znaczący wpływ na wydajność ługowania miedzi i w sposób czytelny oraz bezsporny przedstawiła wyniki potwierdzające swoje wnioski.

Drugi cykl badań przeprowadzony przez Doktorantkę obejmował określenie wpływu temperatury na wydajność ługowania wybranych składników koncentratu Lubin - bezpośrednio z flotacji, bez wcześniejszego wysuszenia. W badaniach Doktorantka zastosowała czysty tlen,

zmieniła stężenie kwasu siarkowego(VI) oraz przetestowała zakres temperatury wynoszący 120-200°C; wartości pozostałych parametrów był na stałym poziomie. I tak, Doktorantka zastosowała ciśnienie parcjale tlenu, stężenie kwasu siarkowego(VI), szybkość mieszania i stosunek fazy stałej do ciekłej na poziomie odpowiednio 1,0 MPa, 100 g/dm<sup>3</sup>, 400 obr/min i 1:6. Doktorantka uznała, że temperatura ma znaczący wpływ na wydajność ługowania miedzi i że możliwe jest ługowanie koncentratu Lubin bez uprzedniego suszenia. Ustaliła w sposób bardzo rzetelny i szczegółowy wpływ i korelacje pomiędzy ługowaniem miedzi i żelaza. Doktorantka przebadła również wpływ temperatury na wydajność ługowania kobaltu, cynku i niklu, jak i udowodniła, że srebro i ołów nie przechodzą do roztworu – wskazując postać tych metali w osadzie powstającym po ługowaniu. Zaobserwowała niski stopień wylugowania niklu na poziomie 60-70%, jednak nie wyjaśniła przyczyn tego rezultatu. W mojej opinii przedstawione wyniki potwierdzają w sposób czytelny i bezsporny wnioski Doktorantki. Badania zostały przeprowadzone zgodnie z zasadami, a wyciągnięte wnioski wskazują dużą dojrzałość naukową Doktorantki.

Trzeci cykl badań przeprowadzony przez Doktorantkę dotyczył wpływu szybkości mieszania na wydajność ługowania wybranych składników koncentratu Lubin, również bezpośrednio z flotacji, bez wcześniejszego wysuszenia. W badaniach Doktorantka przetestowała dwie wartości szybkości mieszania tj. 200 i 300 obr/min; wartości pozostałych parametrów była na stałym poziomie. I tak, zastosowała ciśnienie parcjale tlenu, stężenie kwasu siarkowego(VI), temperaturę i stosunek fazy stałej do ciekłej odpowiednio na poziomie 1,0 MPa, 100 g/dm<sup>3</sup>, 140°C i 1:6. Doktorantka wykazała, że szybkość mieszania ma znaczący wpływ na wydajność ługowania miedzi i innych składników. Ustaliła również, wpływ i korelacje pomiędzy ługowaniem miedzi, żelaza, kobaltu, cynku oraz niklu. Zaobserwowała, że w badanym zakresie szybkości mieszania, proces ługowania jest kontrolowany przez dyfuzję, a intensywne mieszanie odgrywa istotną rolę w skutecznym dostarczaniu tlenu do środowiska reakcji. W mojej opinii również w tym przypadku przedstawione wyniki potwierdzają w sposób czytelny i bezsporny wnioski Doktorantki. Badania zostały przeprowadzone zgodnie z zasadami, a wyciągnięte wnioski są w mojej opinii właściwe.

Czwarty cykl badań przeprowadzony przez Doktorantkę dotyczył określenia wpływu stężenia kwasu siarkowego(VI) na wydajność ługowania wybranych składników koncentratu Lubin (bezpośrednio z flotacji - bez wcześniejszego wysuszenia). Badania Doktorantka wykonała dla zakresu stężeń wynoszącego 60-100 g/dm<sup>3</sup> kwasu; wartości pozostałych parametrów były na stałym poziomie. I tak, zastosowała ciśnienie parcjale tlenu, szybkość mieszania, temperaturę i stosunek fazy stałej do ciekłej odpowiednio na poziomie 1,0 MPa, 400

obr/min, 140°C i 1:6. Doktorantka uznała, że stężenie kwasu ma znaczący wpływ na wydajność ługowania miedzi i innych składników. Ustaliła odpowiednie stężenie kwasu (100 g/dm<sup>3</sup>) dla badanych warunków i uznała, że proces ten jest skuteczny tylko w roztworach mocno zakwaszonych. Ta część badań została przeprowadzona także zgodnie z zasadami, a wyciągnięte wnioski w mojej opinii są właściwie i poparte odpowiednią ilością przeprowadzonych testów.

Piąty cykl badań ługowania przeprowadzonych przez Doktorantkę dotyczył określenia wpływu ciśnienia parcjalnego tlenu na wydajność ługowania wybranych składników koncentratu Lubin (bezpośrednio z flotacji - bez wcześniejszego wysuszenia). Badania Doktorantka przeprowadziła dla ciśnień cząstkowych w zakresie 0,5-2,0 MPa. Stwierdziła, że wraz ze wzrostem ciśnienia wzrasta wydajność ługowania większości analizowanych metali. Określiła jednak, że przy wartości ciśnienia wynoszącego 2,0 MPa istnieją problemy z kontrolowaniem procesu oraz pojawia się problem z zanieczyszczeniem roztworu, niezidentyfikowanymi produktami rozkładu (najprawdopodobniej związków organicznych). Doktorantka uznała za najlepsze do stosowania ciśnienie na poziomie 1,0 MPa. Ta część badań również została w mojej opinii wykonana właściwie i rzetelnie, a wyciągnięte wnioski są prawidłowe.

Szósty cykl badań ługowania przeprowadzonych przez Doktorantkę dotyczył określenia wpływu obecności jonów Fe(III) na wydajność ługowania wybranych składników „mokrego” koncentratu Lubin. Doktorantka po wnikliwej analizie badań uznała, że w warunkach ługowania ciśnieniowego dodatek jonów żelaza(III) jest zbędny. Ta część badań została przeprowadzona zgodnie z wymogami, a wyciągnięte wnioski w mojej opinii są właściwe.

Poniżej przedstawiłam moje pytania dotyczące technicznych spraw przeprowadzenia wyżej opisanych badań ługowania:

- 1) w jakiej skali Doktorantka przeprowadziła te badania – (jaka była masa koncentratu skierowanego do badań)?
- 2) kto wykonał analizę koncentratu po wysuszeniu i przed wysuszeniem?
- 3) w jakiej temperaturze prowadzono suszenie koncentratu?
- 4) jaki był skład koncentratu skierowanego do ługowania bez suszenia?
- 5) jaka była zawartość wilgoci w badanym koncentracie?
- 6) w jaki sposób Doktorantka wyliczyła wydajność ługowania np.: miedzi, żelaza, cynku, kobaltu i niklu?
- 7) dlaczego w pracy Doktorantka nie podała objętości roztworów badawczych i ich stężeń po ługowaniu?





- 8) kto wykonał analizę stężenia metali w roztworach po ługowaniu i jakie składniki zostały poddane analizie?
- 9) jak zachowywały się w trakcie ługowania arsen i srebro i czy były analizowane?

W trzecim podrozdziale Doktorantka opisała wpływ obróbki wstępnej na ługowanie koncentratu w warunkach hydrotermalnych. Przepadała zarówno proces fizyczny, który opierał się na domielaniu wilgotnego koncentratu w młynie kulowym (dane o urządzeniu nie zostały w tekście umieszczone) z poziomu 70  $\mu\text{m}$  do 28 $\mu\text{m}$ , jak i proces chemiczny związany z rozłożeniem węglanów wapnia i magnezu, pod wpływem kwasu siarkowego(VI). Dla materiału mielonego Doktorantka zaobserwowała zmniejszenie uzysku ługowania wszystkich metali w stosunku do wyników uzyskanych dla materiału niemielonego. W przypadku dodatkowo wprowadzonego etapu rozkładu węglanów również nie uzyskała poprawienia uzysków ługowania. Niezależnie od otrzymanych wyników ta część badań została przeprowadzona poprawnie, a wyciągnięte wnioski w mojej opinii są uzasadnione i odpowiednio udokumentowane.

W czwartym podrozdziale Doktorantka opisała możliwość zastosowania zawrotów roztworów ługujących, dla podwyższenia stężenia metali, jakimi są: cynk, nikiel i kobalt. Badania Doktorantka przeprowadziła w dwóch wariantach z zawrotem bezpośrednim roztworu do ługowania oraz po jego odmiedziowaniu. Wnikliwa analiza uzyskanych wyników przeprowadzona przez Doktorantkę potwierdziła, że zawrót roztworu będzie niezwykle trudny i obarczony musi być badaniami uzupełniającymi. Nie udało się Doktorantce w przeprowadzanych badaniach uzyskać zwiększenie stężenia cynku, niklu i kobaltu zarówno dla roztworów przed, jak i po odmiedziowaniu. Zawroty roztworów powodowały pienienie roztworu, co wynikało ze zwiększania się stężenia czynników flotacyjnych, które hamowały proces ługowania celowych składników. Doktorantka udowodniła, również brak wpływu jonów magnezu na wydajność ługowania. Jak pisze Doktorantka aspekt możliwego i celowego zawrotu roztworów do ługowania będzie wymagał dalszych badań. Z tego powodu interesuje mnie co będzie przedmiotem dalszych badań w tym kierunku? Badania wydają się mieć kluczowe znaczenie dla możliwości aplikacyjnych opracowanej metody. Myślę, że ten element pracy należy przedyskutować szczegółowo w trakcie obrony.

W ostatnim podrozdziale Doktorantka opisała zmiany mineralogiczne zachodzące w obrębie fazy stałej zanim ziarna siarczków miedzi ulegną roztworzeniu. Przeprowadzone badania są bardzo ważne, gdyż przemiana ta jest kluczowym zjawiskiem, które należy uwzględnić przy ługowaniu. Również w tym przypadku Doktorantka przeprowadziła prawidłowo badania i wyciągnęła poprawne, udokumentowane wnioski.

Na zakończenie chciałabym zwrócić uwagę na pewien językowy lapsus stosowania słowa temperatura w liczbie mnogiej, jest to wprawdzie dopuszczalne w potocznym języku, ale rzeczownik ten nie posiada wg Słownika Języka Polskiego liczby mnogiej i nie powinno się jej stosować w tekstach oficjalnych, jakim jest rozprawa naukowa.

### **Podsumowanie i wnioski**

W tym rozdziale Doktorantka w sposób systematyczny i poprawny przedstawiła podsumowanie swojej pracy oraz osiągnięte rezultaty, jak również wskazała miejsca w których niezbędne jest rozszerzenie badań. Należy zauważyć, że w rozdziale tym Doktorantka nie jednoznacznie przedstawiła konkretnych wniosków z pracy, co stanowi niewątpliwą wadę. Moim zadaniem duża ilość pozytywnych i wartościowych wyników badań uprawnia do wyciągnięcia syntetycznych wniosków.

### **Literatura**

Praca zawiera 100 odnośników literaturowych. Niestety nie są one ponumerowane, co znacznie utrudnia ich odnalezienie w tekście. 4 pozycje są pogrubione, jednak powód tego wyróżnienia Doktorantka nie wyjaśniła odpowiednio w pracy. Wszystkie odnośniki są pozycjami z okresu od 1955 do 2018 roku. Spośród 100 odnośników literaturowych 69 stanowi pozycje młodsze bądź pochodzące z 2000 roku. Brak jakichkolwiek pozycji z lat 2019-2021 Doktorantka powinna wyjaśnić w trakcie obrony pracy. Wśród pozycji literaturowych można znaleźć publikacje, książki, materiały konferencyjne, czy też jedną stronę www. Właśnie przy tej ostatniej pozycji brak konkretnej daty korzystania z informacji tam umieszczonych – co jest ważne w aspekcie zmieniających się danych na stronach www. Należy również zaznaczyć, że pozycja Monografia KGHM z 2007 roku oraz pozycja Monografia KGHM z 1996 są wymienione odpowiednio 7 i 3 razy. Pozycje literaturowe są pozycjami zarówno o zasięgu światowym (70 pozycji), jak i tylko krajowym (30 pozycji). Podsumowując ten aspekt oceny wybrane pozycje literaturowe są odpowiednie i spełniają wymogi pracy doktorskiej w sposób dostateczny. Jeszcze raz pragnę podkreślić, że w trakcie obrony Doktorantka powinna wyjaśnić brak pozycji literaturowych z okresu 2019-2021.

### **Podsumowanie oceny**

Praca doktorska złożona do oceny przez Panią mgr inż. Sabinę A. Matuską jest pracą spełniającą wszelkie wymogi rozprawy naukowej. Praca zawiera liczne, konieczne i wiarygodne wyniki badań, jak również dojrzałą ich analizę. Praca miała charakter aplikacyjny, co znacznie utrudniło jej wykonanie. Należy podkreślić, że badania były prowadzone z zastosowaniem surowca rzeczywistego, który jest materiałem bardzo niejednorodnym, a

postawione do rozwiązania zadania są kluczowe do rozwiązania zarówno dla krajowego, jak i światowego przemysłu miedziowego. Światowy przemysł miedzi oczekuje na takie rezultaty. W pracy brakuje informacji na temat dorobku naukowego Doktorantki, z uwzględnieniem dorobku związanego z niniejszą pracą i informacji czy wykonane wyniki badań były przedmiotem realizowanego projektu krajowego czy UE. Liczę na to, że dane te zostaną przedstawione przez Doktorantkę w trakcie obrony.

Mimo wielu uwag, pytań i komentarzy pragnę podkreślić, że pracę uważam za wykonaną z wielką starannością i dużą dojrzałością, a podniesione do rozwiązania zagadanie stanowi ważny element rozwoju światowego przemysłu miedziowego. **Zgodnie z powyższym stwierdzam, że przedstawiona praca doktorska spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim w Ustawie o Stopniach i Tytułach Naukowych i wnoszę o dopuszczenie Pani mgr inż. Sabiny A. Matuskiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.**

Katarzyna  
Kuczyńska-Sejda