Prof. dr hab. inż. Krzysztof Rokosz
Politechnika Koszalińska
ul. Śniadeckich 2; PL 75-453 Koszalin
tel. 94 3478 354, e-mail: rokosz@tu.koszalin.pl

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Patrycji Wróbel

pt. "BADANIA NAD ZASTOSOWANIEM DODATKÓW ZAWIERAJĄCYCH CIECZE JONOWE W PROCESACH ELEKTROLITYCZNEGO WYDZIELANIA MIEDZI"

Podstawę opracowania recenzji stanowi pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Chemiczna dr hab. inż. Agata Jakóbik-Kolon, prof. PŚ. z dnia 16 października 2024. Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska pod tytułem "Badania nad zastosowaniem dodatków zawierających ciecze jonowe w procesach elektrolitycznego wydzielania miedzi" przygotowana przez mgr inż. Patrycję Wróbel. Promotorem rozprawy doktorskiej jest prof. dr hab. inż. Wojciech Simka, natomiast opiekunem pomocniczym dr inż. Dorota Kopyto. Należy zaznaczyć, że wyniki badań zaprezentowane w rozprawie doktorskiej zostały zrealizowane w ramach IV edycji Programu „Doktorat Wdrożeniowy" Nr RJO15/SDW/003_322, finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Praca była również współfinansowana ze środków subwencyjnych podmiotu zatrudniającego doktoranta Sieć Badawczą Łukasiewicz – Instytut Metali Nieżelaznych.

W niniejszej rozprawie doktorskiej przedstawiono wyniki badań nad opracowaniem i doborem nowych zestawów inhibitorów elektrokrystalizacji miedzi, które mogą stanowić odpowiedź na rosnące wymagania jakościowe oraz globalny wzrost zapotrzebowania na miedź, wynikający z jej kluczowej roli w procesie zielonej transformacji. Miedź, będąca metalem strategicznym w energetyce i jest niezbędna dla rozwoju technologii magazynowania energii, pojazdów elektrycznych oraz odnawialnych źródeł energii, a jej przewodnictwo cieplne i elektryczne oraz

przetwarzalność sprawiają, że jej znaczenie stale rośnie. Jednakże rosnąca różnorodność zanieczyszczeń, wprowadzanych do procesu produkcji miedzi na bazie złomu poddawanego recyklingowi, negatywnie wpływa na jakość miedzi elektrolitycznej, zmuszając do optymalizacji procesów elektrorafinacji i elektrowydzielania. Obecnie w elektrorafineriach światowych, w charakterze inhibitorów elektrokrystalizacji są stosowane głównie klej kostny, tiomocznik, środek powierzchniowo-czynny na bazie węglowodorów nasyconych (avitone) i nieorganiczne chlorki, a w procesie elektrowydzielania również guma guar, pomimo ich licznych wad. W odpowiedzi na te problemy podjęto badania nad nowymi inhibitorami opartymi na cieczach jonowych, które dotychczas nie były stosowane w praktyce przemysłowej. W rozprawie zbadano wpływ początkowego stężenia i dawek dozowania nowych zestawów inhibitorów na jakość otrzymywanych osadów katodowych oraz wskaźniki prądowe procesu elektrolitycznego wydzielania miedzi. Wyniki badań wskazują, że zastosowanie tych innowacyjnych inhibitorów na bazie cieczy jonowej może umożliwia uzyskanie wysokiej jakości, drobnokrystalicznego osadu katodowego miedzi, przy korzystnych wartościach wskaźników prądowych procesu i wysokiej katodowej wydajności prądowej. Co więcej, przeprowadzone eksperymenty z wykorzystaniem modelowej aparatury potwierdziły potencjał nowych zestawów inhibitorów do wdrożenia w warunkach przemysłowych.

Praca rozpoczyna się od wykazu symboli i oznaczeń oraz streszczeń w języku polskim i angielskim. W pierwszym rozdziale przedstawiono wprowadzenie do zagadnień związanych z elektrolitycznym wydzielaniem miedzi, mechanizmem elektrokrystalizacji oraz inhibitorami stosowanymi w tym procesie. W drugim rozdziale określono cel pracy, natomiast w trzecim skupiono się na metodyce badawczej, obejmującej plan badań dotyczących elektrorafinacji miedzi zarówno w skali laboratoryjnej, jak i w warunkach odzwierciedlających środowisko przemysłowe. Rozdział czwarty zawiera wyniki badań z woltamperometrii cyklicznej, elektrowydzielania miedzi oraz elektrorafinacji w małej skali laboratoryjnej i w warunkach przemysłowych. Rozdziały piąty i szósty obejmują

odpowiednio założenia do wdrożenia oraz podsumowanie i wnioski. W kolejnych częściach pracy przedstawiono bibliografię (rozdział siódmy) oraz dorobek naukowy doktoranta (rozdział ósmy).

Moim zdaniem treść rozprawy stanowi zamkniętą całość, a postawione cele zostały w pełni zrealizowane. Rozprawa jest napisana poprawnym technicznie językiem i posiada starannie opracowaną szatę graficzną oraz stojącą na bardzo wysokim poziomie dokumentację z badań własnych. Według mnie przedstawiona rozprawa doktorska jest bardzo wartościowa i na pewno stanowi podstawę do dalszych badań naukowych zarówno dla Doktorantki jak i innych badaczy.

Reasumując należy zaznaczyć, że do istotnych osiągnięć Doktorantki należą:

- Wykazanie, że ciecz jonowa na bazie poliheksametylenobiguanidyny skutecznie spełnia rolę inhibitora procesu elektrowydzielania miedzi, z wykorzystaniem anod nieroztwarzalnych. Dzięki jej zastosowaniu otrzymywano gładkie, drobnokrystaliczne katodowe osady miedzi, pozbawione defektów powierzchni.
- Wykazanie, że ciecz jonowa działała jako środek wyrównujący, który zmniejszał chropowatość powierzchni oraz jako środek rozdrabniający ziarno i wpływający na orientację kryształów. Co istotne, efektywność cieczy jonowej utrzymywała się pomimo wydzielania gazowych pęcherzyków wodoru na elektrodzie.
- Wykazanie, że w procesie elektrowydzielania miedzi, z wykorzystaniem anod nieroztwarzalnych, zastosowanie rozpuszczalników głęboko eutektycznych na bazie chlorku choliny z wybranymi kwasami karboksylowymi i alkoholami wpłynęło na obniżenie wartości średniego napięcia prądu oraz jednostkowego zużycia energii elektrycznej.
- Wykazanie, że rozpuszczalniki na bazie chlorku choliny z wybranymi kwasami karboksylowymi i alkoholi nie umożliwiły uzyskania gładkich osadów katodowych, a struktura elektrowydzielonej miedzi cechowała się

licznymi wgłębieniami i nierównościami, które uniemożliwiały również pomiar parametrów chropowatości powierzchni.

- Wykazanie, że w próbach elektrorafinacji miedzi w małej skali laboratoryjnej, użycie pojedynczego dodatku – safraniny, polimeru czy cieczy jonowej na bazie poliheksametylenobiguanidyny nie umożliwiło poprawy wartości wskaźników procesu elektrorafinacji, ani wyglądu otrzymanych osadów katodowych.
- Wykazanie, że podczas elektrorafinacji miedzi w małej skali laboratoryjnej, z wydłużonym czasem procesu do 15-20 godzin oprócz stężenia początkowego danej substancji w elektrolicie, istotnie jest również jej ciągłe wprowadzanie do elektrolitu w czasie procesu elektrorafinacji.
- Wykazanie, że dodatek nowych zestawów inhibitorów, w skład których wchodzi ciecz jonowa, umożliwia uzyskanie wysokiej jakości drobnokrystalicznego osadu katodowego miedzi przy korzystnych wartościach wskaźników prądowych procesu i równoczesnym utrzymywaniu wysokiej katodowej wydajności prądu w porównaniu do uzyskanych wyników z klasycznym zestawem inhibitorów stosowanych w przemyśle elektrorafineryjnym.
- Wykazanie, że nowa ciecz jonowa na bazie poliheksametylenobiguanidyny może być zastosowana w procesie elektrorafinacji w charakterze inhibitora, ale tylko w zestawie z innymi dodatkami – safraniną i z klejem kostnym lub z tiomocznikiem.
- Zaproponowanie parametrów procesu elektrorafinacji miedzi realizowanych w skali odzwierciedlającej warunki panujące w przemyśle (gęstość prądu: 230 A/m^2; natężenie prądu 4,11 A; czas procesu: 96 h; temperatura elektrolitu: 60 ^oC; ilość elektrod w wannie: 3; odległość miedzy elektrodami różnoimiennymi: 11,5 cm; rodzaj katody początkowej: stal kwasoodporna; powierzchnia robocza katody: 0,01785 m^2; objętość elektrolitu: 2,7 dm^3).

Na wyróżnienie zasługuje również osiągnięcie, którym jest współautorstwo jedenastu publikacji naukowych, które są opublikowane w renomowanych

czasopismach naukowych, czterech zgłoszeń patentowy oraz dwudziestokrotne wystąpienia na konferencjach, co zaprezentowano poniżej, i co jest wynikiem wyróżniającym i ponadprzeciętnym.

1. P. Kowalik, D. Kopyto, K. Leszczyńska-Sejda, W. Simka; Novel Additives in Copper Electrorefining—Small Laboratory Scale; Materials; 2024; 17; 1262,
2. P. Kowalik, D. Kopyto, M. Ciszewski, M. Drzazga, K. Leszczyńska-Sejda; Purification of Industrial Copper Electrolyte from Bismuth Impurity; Minerals; 2022; 12; 36,
3. M. Ciszewski, S. Orda, M. Drzazga, P. Kowalik, Ł. Hawełek, W. Malec, K. Leszczyńska-Sejda; Lead Electrodeposition from Triethylenetetramine Solution Containing Inhibitors; Metals; 2021; 11; 1330,
4. P. Kowalik, D. Kopyto, G. Benke, M. Ciszewski, A. Grzybek, J. Malarz, K. Pianowska, K. Goc, S. Orda, D. Babilas, P. Dydo, K. Leszczyńska-Sejda; Application of Electrodialysis to Production of High-Purity Perrhenic Acid; Separations; 2024; 11; 253,
5. M. Ciszewski, M. Drzazga, P. Kowalik, S. Orda, Ł. Hawełek; Lead electrodeposition from aliphatic polyamines solutions, SN Applied Sciences; 2022; 4; 130,
6. K. Pianowska, G. Benke, K. Goc, J. Malarz, P. Kowalik, K. Leszczyńska-Sejda, D. Kopyto; Production of Perrhenic Acid by Solvent Extraction; Separations; 2024; 11,
7. D. Kopyto, M. Ciszewski, S. Orda, K. Leszczyńska-Sejda, J. Malarz, P. Kowalik, K. Pianowska, K. Goc, G. Benke, A. Grzybek, D. Babilas, P. Dydo; A Comparison of Production Methods of High-Purity Perrhenic Acid from Secondary Resources; Separations; 2024; 11; 225,
8. K. Leszczyńska-Sejda, J. Malarz, M. Ciszewski, D. Kopyto, K. Goc, A. Grzybek, P. Kowalik, S. Orda, K. Pianowska, A. Turczyńska, G. Benke; Hydrometallurgical Technology for Producing Rhenium(VII) and Cobalt(II) from Waste; Crystals; 2024; 14; 783,
9. M. Drzazga, G. Benke, M. Ciszewski, M. Knapik, A. Radoń, S. Kozłowicz, K. Goc, P. Kowalik, K. Leszczyńska-Sejda; Recovery of Germanium from Sulphate Solutions Containing Indium and Tin Using Cementation with Zinc Powder; Minerals; 2020; 10,
10. M. Drzazga, A. Chmielarz, G. Benke, K. Leszczyńska-Sejda, M. Knapik, P. Kowalik, M. Ciszewski; Precipitation of Germanium from Sulphate Solutions Containing Tin and Indium Using Tannic Acid; Applied Sciences; 2019; 9; 966,
11. K. Leszczyńska-Sejda, G. Benke, J. Malarz, M. Ciszewski, D. Kopyto, J. Piątek, M. Drzazga, P. Kowalik, K. Zemlak, B. Kula; Rhenium(VII) Compounds as Inorganic Precursors for the Synthesis of Organic Reaction Catalysts; Molecules; 2019; 24; 1451

12. P. Kowalik, D. Kopyto, K. Leszczyńska-Sejda, S. Orda, M. Ciszewski, J. Sztandera, I. Masłowska-Lipowicz, Ł. Wyrębska, K. Ławińska, A. Słubik; „Sposób wytwarzania wysokiej czystości miedzi elektrolitycznej"; 2022; zgłoszenie patentowe numer: P.442164.
13. M. Poręba, J. Sieniawski, S. Dudek, T. Gancarczyk, D. Kopyto, P. Kowalik, K. Leszczyńska-Sejda, G. Benke, J. Niedbała, M. Richert, I. Nejman; „Dyfuzyjna warstwa aluminidkowa oraz sposób wytwarzania tej dyfuzyjnej warstwy aluminidkowej"; 2023; zgłoszenie patentowe numer: P.443822.
14. M. Ochmański, D. Kopyto, A. Grzybek, K. Leszczyńska-Sejda, A. Palmowski, G. Benke, K. Goc, J. Malarz, P. Kowalik; „Sposób otrzymywania renianu(VII) miedzi(II) z wykorzystaniem materiałów odpadowych"; 2024; zgłoszenie patentowe numer: P.449060.
15. K. Leszczyńska-Sejda, L. Mulawa, G. Benke, P. Kowalik, D. Kopyto, A. Grzybek, K. Goc, J. Malarz, M. Ciszewski, K. Pianowska, S. Orda, P. Dydo; „Sposób otrzymywania kwasu renowego(VII) wysokiej czystości z wykorzystaniem procesu elektrodializy i membran bipolarnych"; 2024; zgłoszenie patentowe numer: P.449117.
16. P. Kowalik, D. Kopyto, W. Simka; Research on the application of a new ionic liquid in copper electrorefining processes; 2nd World Congress on Materials Science and Engineering; 20-21.05.2024; Londyn,
17. P. Kowalik, W. Simka, D. Kopyto, K. Leszczyńska-Sejda; Inhibitory stosowane w światowych elektrorafineriach miedzi; X Kongres Technologii Chemicznej; 11-14.05.2022; Wrocław,
18. P. Kowalik, D. Kopyto, A. Chmielarz, K. Leszczyńska-Sejda; Bismuth Influence on the Quality of Copper Cathode in Electrorefining Process; EMC 2021 European Metallurgical Conference; 27-30.06.2021; Salzburg,
19. P. Kowalik, D. Kopyto, W. Simka, K. Leszczyńska-Sejda, G. Benke, S. Orda; Metodyka i technika badań procesu elektrorafinacji miedzi stosowane w Łukasiewicz-IMN; IX Ogólnopolska Konferencja Interdyscyplinarna EUREKA; 10.06.2021,
20. P. Kowalik, W. Simka, D. Kopyto; Deep Eutectic Solvents as inhibitors of copper electrodeposition; Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Zrozumieć Naukę" V edycja; 25.09.2021,
21. P. Kowalik, D. Kopyto, W. Simka; Technologia procesu elektrorafinacji miedzi; XIV Interdyscyplinarna Konferencja Naukowa TYGIEL „Interdyscyplinarność kluczem do rozwoju"; 24-27.03.2022,
22. P. Kowalik, D. Kopyto, S. Orda; Wpływ zawartości bizmutu w anodach i elektrolicie na proces elektrorafinacji miedzi; XIII Interdyscyplinarna Konferencja Naukowa TYGIEL „Interdyscyplinarność kluczem do rozwoju"; 25-28.03.2021,

23. P. Kowalik, D. Kopyto, S. Orda, M. Ciszewski, K. Leszczyńska-Sejda; Badania zastosowania nowej cieczy jonowej w procesach elektrorafinacji miedzi;XV Interdyscyplinarna Konferencja Naukowa TYGIEL „Interdyscyplinarność kluczem do rozwoju"; 23-26.03.2023; Lublin,
24. P. Kowalik, D. Kopyto, W. Simka; Optymalizacja procesu elektrorafinacji miedzi poprzez zastosowanie nowych zestawów inhibitorów; XVI Interdyscyplinarna Konferencja Naukowa TYGIEL 2024 „Interdyscyplinarność kluczem do rozwoju"; 21-24.03.2024; Lublin/
25. P. Kowalik, J. Charasińska, D. Kopyto, J. Piątek, G Benke, G. Pietek; Próby obniżania stężenia bizmutu w elektrolicie miedziowym; 199 Kwartalna Konferencja Naukowo-Techniczna SITMN, Jubileusz 65-lecia Huty Miedzi "Legnica"; 22-24.06.2019; Karpacz,
26. P. Kowalik, L. Mulawa, M. Ochmański, G. Benke, D. Kopyto, M. Ciszewski, S. Orda, J. Sztandera, K. Pianowska, K. Goc, A. Palmowski, J. Malarz, K. Leszczyńska-Sejda; Badania otrzymywania kwasu renowego(VII) z zastosowaniem elektrodializy; Międzynarodowa Konferencja „Nowe materiały i technologie przetwórstwa metali nieżelaznych; 17-19.04.2023; Kraków,
27. P. Kowalik, D. Kopyto, J. Malarz, K. Goc, M. Ciszewski, M. Drzazga, S. Orda, G. Benke, K. Leszczyńska-Sejda; Badania elektrowydzielania dwuskładnikowych nanoproszków stopowych Ni-Re, Co-Re z roztworów odpadowych; 206 Kwartalna Konferencja Naukowo – Techniczna SITMN; 5-6.06.2023; Wisła,
28. P. Kowalik, D. Kopyto, J. Malarz, K. Goc, M. Ciszewski, M. Drzazga, S. Orda, G. Benke, K. Leszczyńska-Sejda; Badania elektrowydzielania proszków stopowych Ni-Re, Co-Re i Ni-Co-Re z roztworów odpadowych; 207 Kwartalna Konferencja Naukowo-Techniczna, Jubileusz 70-lecia Huty Miedzi; 27-29.09.2023; Karpacz,
29. P. Kowalik, L. Mulawa, M. Ochmański, G. Benke, D. Kopyto, M. Ciszewski, S. Orda, K. Pianowska, K. Goc, A. Palmowski, J. Malarz, K. Leszczyńska-Sejda; Badania otrzymywania związków renu przy wykorzystaniu metody elektrodializy; 207 Kwartalna Konferencja Naukowo-Techniczna, Jubileusz 70-lecia Huty Miedzi; 27-29.09.2023; Karpacz,
30. M. Drzazga, M. Ciszewski, S. Kozłowicz, S. Kulawik, A. Radoń, I. Maj, S. Kasierot, P. Kowalik, K. Goc, K. Klejnowska, W. Mikołajczak; Management of zinc production wastes for recovery of germanium; 1st International Circular Hydrometallurgy Symposium; 9-11.09.2024; Belgia,
31. M. Drzazga, M. Ciszewski, S. Kozłowicz, A. Radoń, P. Kowalik, K. Goc, I. Maj, J. Kostrzewa, S. Kulawik, K. Klejnowska, K. Rajczykowski, W. Mikołajczak, K. Leszczyńska-Sejda; Overview of Possibilities for Germanium Recovery from Polish

Sources Using Hydrometallurgical Methods; 13th International Conference on Process Hydrometallurgy, Hydroprocess 2021; 4-6.08.2021,

32. K. Leszczyńska-Sejda, P. Kowalik, K. Goc, K. Pianowska, J. Malarz, M. Ciszewski, A. Palmowski, M. Ochmański, M. Babiński, D. Kopyto, G. Benke; Innowacyjne, hydrometalurgiczne technologie produkcji związków renu z odpadów z recyklingu dedykowane dla przemysłu katalitycznego, elektromobilnego, lotniczego i obronnego; Międzynarodowa Konferencja „Nowe materiały i technologie przetwórstwa metali nieżelaznych; 17-19.04.2023; Kraków,
33. S. Orda, M. Drzazga, G. Benke, P. Kowalik, D. Kopyto, M. Ciszewski, K. Leszczyńska-Sejda; Analiza wpływu soli amonowych na krystalizację renianu(VII) amonu miedzi; XV Interdyscyplinarna Konferencja Naukowa TYGIEL „Interdyscyplinarność kluczem do rozwoju"; 23-26.03.2023; Lublin,
34. J. Malarz, K. Goc, M. Babiński, G. Benke, D. Kopyto, K. Pianowska, P. Kowalik, M. Ciszewski, M. Drzazga, K. Leszczyńska-Sejda; Otrzymywanie nanorenianu(VII) amonu z odpadów pochodzących z recyklingu; XV Interdyscyplinarna Konferencja Naukowa TYGIEL „Interdyscyplinarność kluczem do rozwoju"; 23-26.03.2023; Lublin,
35. S. Kozłowicz, M. Drzazga, I. Maj, J. Kostrzewa, M. Ciszewski, P. Kowalik, K. Goc, S. Kulawik, K. Klejnowska, K. Rajczykowski, W. Mikołajczak, A. Radoń; Oznaczanie germanu w materiałach odpadowych pochodzących z polskich hut cynku; Konwersatorium Spektrometrii Atomowej, 06-07.09.2021, Białystok.

Istotnym jest również fakt, że Doktorantka brała udział w pracach zleconych z przemysłu tematycznie związanych z rozprawą doktorską:

1. Optymalizacja procesu produkcji miedzi katodowej przy zwiększonym udziale wsadów obcych; praca zlecona przez KGHM Polska Miedź S.A. Oddział Huta Miedzi Legnica, 2024.
2. Modernizacja procesu produkcji miedzi katodowej z miedzi anodowej o obniżonej zawartości As w HM Legnica; praca zlecona przez KGHM Polska Miedź S.A. Oddział Huta Miedzi Legnica, 2022.
3. Określenie wpływu obniżonej zawartości As w miedzi anodowej na proces elektrorafinacji Cu w HM Legnica" praca zlecona przez KGHM Polska Miedź S.A. Oddział Huta Miedzi, Legnic, 2021-2022.
4. Budowa instalacji pilotażowej do przerobu koncentratu Pb-Zn z PE", praca zlecona przez KGHM Polska Miedź S.A. Oddział Huta Miedzi Głogów, 2021.

5. Wykonanie badań elektrorafinacji miedzi z dostarczonych anod"; praca zlecona przez Uniwersytet Jagielloński, 2019.
6. Opracowanie technologii pozyskiwania proszków oraz nanoproszków miedzi z pyłów wytwarzanych w procesie odzysku miedzi z kabli i przewodów miedzianych; praca zlecona przez Perge Sp. z o.o., 2019.
7. Pilot scale tests related to production of nickel(II) sulphate solution of the determined parameters. Testy w skali pilotowej związane z produkcją roztworu siarczanu(VI) niklu(II) o określonych parametrach; praca zlecona przez Northvolt, 2019.
8. Further pilot scale tests related to production of nickel(II) sulphate solution of the determined parameters. Kontynuacja testów w skali pilotowej związanych z produkcją roztworu siarczanu(VI) niklu(II) o określonych parametrach; praca zlecona przez Northvolt, 2019.
9. Opracowanie technologii odzysku selenu ze ścieku przemysłowego kwaśnego - część II"; praca zlecona przez KGHM Polska Miedź S.A., 2018-2019.
10. Opracowanie sposobów obniżania poziomu talu w produktach renowych wytwarzanych w HML i KGHM Metraco - II część; praca zlecona przez KGHM Metraco i KGHM Polska Miedź S.A. Oddział w Legnicy, 2018.
11. Opracowanie sposobów obniżenia poziomu talu w produktach renowych wytwarzanych w HML i KGHM Metraco; praca zlecona przez KGHM Metraco i KGHM Polska Miedź S.A. Oddział w Legnicy, 2018.

Jednoznacznie chciałbym zaznaczyć, że przygotowana praca doktorska jest na bardzo wysokim poziomie, jednakże prosiłbym Doktorantkę o odniesienie się do następujących zagadnień w formie dyskusji:

- Na rysunku 1 przedstawiono uproszczony schemat dwóch wiodących metod produkcji miedzi elektrolitycznej w świecie. Proszę o przedstawienie dokładniejszego opisu obydwu technologii.
- W pracy pojawia się informacja dotycząca zanieczyszczeń obecnych w miedzi anodowej, które obniżają przewodnictwo elektryczne finalnego produktu. Czy zanieczyszczenia te można w jakiś sposób sklasyfikować/podzielić na grupy? Proszę o ogólny zarys zachowania się tych składników w czasie procesu elektrorafinacji.

- Proszę o precyzyjne określenie przy wykorzystaniu jakich technik analizowano składniki (i jakie) w elektrolicie, szlamie anodowym i miedzi katodowej.
- Jakie są możliwe zastosowania praktyczne przedstawionych wyników badań?

Podsumowując stwierdzam, że przedłożona do recenzji praca doktorska "Badania nad zastosowaniem dodatków zawierających ciecze jonowe w procesach elektrolitycznego wydzielania miedzi" przygotowana przez mgr inż. Patrycję Wróbel spełnia w mojej opinii wymogi ustawy „o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki", w związku z czym wnioskuję o dopuszczenie jej do publicznej obrony. Jednocześnie zwracam się do Rady Dyscypliny Inżynieria Chemiczna Politechniki Śląskiej o dalsze formalne procedowanie przewodu doktorskiego. Chciałbym jednocześnie zaznaczyć, że złożoność rozwiązanego problemu naukowego, szeroki, dobrze zaplanowany zakres badań, rzetelność w jego realizacji oraz liczący się dorobek naukowy są podstawą do wyróżnienia tej pracy.

Podpisano odręcznie przez autora

Koszalin, 16.12.2024 Prof. dr hab. inż. Krzysztof Rokosz