



Warszawa, dn. 12.09.2025.

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr. inż. Szymona Ordy

zatytułowanej:

**„Badania krystalizacji renianu(VII) amonu w celu poprawy wydajności procesu
oraz właściwości końcowych produktu”**

Promotor: dr hab. inż. Marcin Lemanowicz, prof. PŚ

Recenzję sporządziłem na podstawie przepisów dotyczących postępowania w przewodzie doktorskim, a w szczególności art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668, Dz. U. z 2022 r. poz. 574 z późniejszymi zmianami), a także Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu przeprowadzania czynności w przewodach doktorskich, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora na wniosek Rady Dyscypliny Inżynieria Chemiczna Politechniki Śląskiej z dnia 9 lipca 2025.

Do zrecenzowania przedstawiono mi rozprawę doktorską, której autorem jest mgr inż. Szymon Orda pt. „Badania krystalizacji renianu(VII) amonu w celu poprawy wydajności procesu oraz właściwości końcowych produktu”.

Promotorem pracy jest Pan dr hab. inż. Marcin Lemanowicz, prof. PŚ

1. Wstęp

Recenzowana praca doktorska dotyczy opracowania nowego sposobu prowadzenia krystalizacji renianu(VII) amonu (APR) w procesie jego wytwarzania i oczyszczania. Ren jest metalem strategicznym, ma szerokie zastosowanie w technologiach wymagających odporności na wysokie temperatury np. do produkcji części turbin silników odrzutowych, turbin gazowych, cechuje się także dużą odpornością chemiczną na korozję, działanie kwasu chlorowodorowego oraz kwasu siarkowego(VI). Elementy oraz konstrukcje wykonane ze stopów z dodatkiem renu odznaczają się doskonałą wytrzymałością mechaniczną i termiczną. Umożliwia to projektowanie elementów lżejszych i o cieńszych przekrojach, mogących pracować w wysokich temperaturach. Ren wykorzystuje się także do produkcji katalizatorów stosowanych w przemyśle naftowym i petrochemicznym. Dodatek renu zwiększa odporność katalizatora na koksowanie lub zatrucie siarką, poprawia selektywność i aktywność oraz umożliwia jego pracę przy niższych ciśnieniach i w wysokiej temperaturze. Największym producentem renu na

świecie jest chilijska firma Molymet, odzyskująca metal z koncentratów molibdenowych. Do roku 2019 Polska była drugim producentem renu na świecie oraz największym producentem w Europie. Ren najczęściej występuje w postaci siarczkowej – renitu wraz z rudami molibdenowymi, które są pierwotnym źródłem tego metalu. Jest on zazwyczaj wydzielany z rud miedziowo-molibdenowych, które wydobywane są ze względu na zawartą w nich miedź. W procesie prażenia koncentratów molibdenowych ren utlenia się do tlenku renu(VII), który w temperaturze ponad 600°C jest lotny i przechodzi do gazów technologicznych. W wyniku ich schładzania wodą, tlenek renu(VII) oraz tlenki siarki ulegają rozpuszczeniu w wodzie tworząc kwaśny ściek przemysłowy zawierający jony renianowe (VII) ReO_4^- . Powstały roztwór jest strumieniem wejściowym kolejnych etapów związanych z produkcją renu. W dalszych etapach produkcji jon renianowy jest oddzielany od roztworu najczęściej na wymienniczu jonowym i odzyskiwany jako sól amonowa lub ekstrahowany w formie soli amonowej, która następnie jest wydzielana w procesie krystalizacji. Istnieją też metody odzysku renu ze złomu zawierającego te pierwiastek. Do tego celu najczęściej stosuje się ługowanie lub roztwarzanie elektrochemiczne, a produktem jest także renian(VII) amonu. Bez względu na źródło renu i metodę otrzymywania renianu(VII) amonu, zawarte w nim zanieczyszczenia decydują o końcowych właściwościach fizykochemicznych produkowanego z APR metalicznego proszku renu. Z tego powodu czystość renianu(VII) amonu znacząco wpływa na możliwość zastosowania otrzymanego metalicznego renu w przemyśle, a zawartość zanieczyszczeń w soli renowej podlega ścisłym regulacjom. Obecnie najczęściej stosowaną metodą oczyszczania renianu(VII) amonu jest kilkukrotna rekrytalizacja. Wiąże się to z dużym zużyciem energii i obniżeniem wydajności otrzymywania soli renowej.

2. Ocena rozprawy doktorskiej

W przedstawionej do recenzji pracy Doktorant podjął tematykę związaną z oczyszczaniem renianu(VII) amonu metodą krystalizacji, która jest jednym z etapów produkcji tej soli. Na podstawie doniesień literaturowych wiadomo, że rekrytalizacja jest powszechnie stosowaną metodą oczyszczania renianu(VII) amonu, jednakże wymaga ona wielostopniowego procesu aby osiągnąć pożądany stopień czystości, co jest niekorzystne i energochłonne w warunkach przemysłowych. W swoich badaniach Doktorant skupił się na eliminacji potasu, który tworzy trudnorozpuszczalny renian(VII) potasu, a jego zawartość w znaczącym stopniu obniża jakość produkowanej soli.

Celem badań przeprowadzonych w recenzowanej Pracy Doktorskiej było określenie odpowiednich warunków procesowych krystalizacji, w których będzie możliwe uzyskanie renianu(VII) amonu o wysokiej czystości w jednym etapie. Postawiono hipotezę, że dodatek soli amonowej przesuną równowagę w układzie, umożliwiając otrzymanie produktu o wysokiej czystości. Mając na uwadze bardzo istotną rolę jaką pełni ren metaliczny w nowoczesnej technologii i inżynierii materiałowej, katalizie oraz przemyśle podjęta tematyka badawcza jest w pełni uzasadniona. Bardzo istotne i ambitne są też założenia wstępne, takie jak niższa energochłonność i wyższa wydajność procesu w porównaniu do obecnie stosowanych metod. Na podstawie wyników przedstawionych w recenzowanej Rozprawie Doktorskiej można jednoznacznie stwierdzić, że założony cel badań został osiągnięty, co jest dużym sukcesem naukowym i technologicznym Doktoranta.

2.1 Ocena układu rozprawy doktorskiej

Rozprawa Doktorska składa się z sześciu rozdziałów merytorycznych podzielonych na podrozdziały. W tekście pracy umieszczono 58 rysunków i 50 tabel, bibliografia zawiera 167 pozycji. Na końcu rozprawy umieszczono załącznik z wynikami pomiarów rozkładu wielkości ziarna kryształów renianu(VII) amonu. Układ redakcyjny pracy jest czytelny i uporządkowany, a opisywane zależności i stan wiedzy są omawiane dokładnie i w odpowiedniej kolejności. Zacytowana bibliografia jest obszerna i w pełni dotyczy tematu pracy doktorskiej. W części literaturowej Doktorant bardzo dokładnie opisał dotychczas stosowane metody otrzymywania renianu(VII) amonu. Wskazał też ich wady i zalety, a motywem przewodnim analizy jest otrzymywanie soli o zawartości potasu poniżej 10 ppm. Tak niska zawartość potasu jest konieczna aby produkowana sól mogła znaleźć zastosowanie w nowoczesnej technologii materiałowej i przemyśle. W tej części można mieć uwagi tylko do kilku skrótów myślowych; np.: na str. 27 „dzięki obecności miedzi, która odpowiada za przyciąganie elektrostatyczne pomiędzy jonami renianowymi(VII), a grupami funkcyjnymi na powierzchni adsorbentu” lub str. 29 „czystość katalityczna”. Nie jest też uzasadnione szerokie opisywanie na str. 39 roli jaką pełni organizacja MMTA. Z punktu widzenia Rozprawy Doktorskiej istotne jest to, że określa ona klasy czystości renianu amonu w handlu i że są one stosowane. Na stronie 43 Doktorant przytoczył prace opisujące wpływ temperatury na wydajność usuwania potasu metodą wymiany jonowej, co jest istotną zależnością, ale nie zacytował wyników badań tylko wniosków z nich płynących. Temperatura jest bardzo istotnym parametrem rozpatrywanym w dalszej części pracy. Na stronie 79 jest dosyć oczywista informacja, która niewiele wnosi do interpretacji wyników „Współkrystalizacja prowadzi do powstawania produktu krystalicznego zawierającego więcej niż jeden składnik, co obniża jego czystość”. Warto też było uzupełnić dane dotyczące jakości wody na str. 48 i 49 o wartości przewodnictwa o ile były podane w materiale źródłowym. Określenie „woda po odwróconej osmozie” czy „woda destylowana” nie jest precyzyjne. Część referatowa rozprawy doktorskiej zakończona jest bardzo syntetycznym podsumowaniem, które podkreśla najważniejsze aspekty technologii otrzymywania i oczyszczania renianu(VII) amonu.

Pod względem edytorskim praca przygotowana jest bardzo starannie. Rysunki są czytelne, odpowiednio podpisane i dobrze ilustrują omawiane zależności. W pracy tylko w kilku miejscach można znaleźć literówki lub mieć zastrzeżenia do strony edytorskiej:

- na str. 54 lepiej pasowałoby słowo „ogrzać”, zamiast „grzać”
- na str. 57 powinno być „początkowa zawartość potasu” a nie „początkowa zawartość procesu”

2.2 Ocena zastosowanych metod badawczych

Doktorant do badań rekrystalizacji renianu(VII) amonu zastosował przygotowane przez siebie syntetycznie zanieczyszczoną potasem sól NH_4ReO_4 . Do badań przygotowano dwie próbki soli: APR_1 i APR_2, o zawartości potasu na poziomie odpowiednio 54 i 96 ppm. Stopień zanieczyszczenia potasem wybrano na podstawie dostępnej literatury i praktyki przemysłowej. Zanieczyszczenie potasem uzyskano poprzez dodatek do NH_4ReO_4 o wysokiej czystości, odpowiednich ilości KReO_4 , który był wcześniej wytworzony przez Doktoranta poprzez neutralizację kwasu renowego(VII) wodorotlenkiem potasu. Analizy zawartości jonów

w roztworach oraz zawartość potasu w renianie(VII) amonu wykonywano w akredytowanym laboratorium według normy PN-EN ISO 17034:2017-03. Pomiary stężenia potasu w zanieczyszczonym renianie(VII) amonu oraz solach amonowych wykonywano przy użyciu techniki spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem w plazmie indukcyjnej (ICP-OES) wykonując wcześniej odpowiednie krzywe kalibracyjne. Badania jednostopniowej rekrytalizacji zanieczyszczonego renianu(VII) amonu prowadzone były w aparaturze badawczej opracowanej przez Doktoranta i szczegółowo opisanej w tekście. Doktorant opracował i szczegółowo opisał metodykę prowadzenia rekrytalizacji, uwzględniając w niej temperatury, czasy zatrzymania, szybkości narostu temperatury i wszelkie inne czynności niezbędne do otrzymania suchych kryształów renianu(VII) amonu. Doktorant wyznaczył także gęstości i rozpuszczalności renianów(VII) amonu, potasu i wybranych soli amonowych oraz na podstawie tych wyników opracował wykresy fazowe dla układu trójskładnikowego $\text{NH}_4\text{ReO}_4\text{-H}_2\text{O}$ -sól amonowa, które ułatwiły wyznaczenie składu początkowego roztworu do rekrytalizacji w dalszych badaniach. Rozkład ziarnowy otrzymanych osadów krystalicznych wykonano za pomocą laserowego analizatora wielkości cząstek Mastersizer z przystawką do dyspersji powietrznej cząstek Aero M.

Metodyka badawcza przyjęta przez Doktoranta jest odpowiednia do przeprowadzenia założonych analiz. Założenia początkowego stężenia jonów potasu i zaplanowane badania właściwości otrzymanego produktu są w pełni uzasadnione i wynikają z bardzo dokładnej analizy literatury przeprowadzonej przez Doktoranta oraz dostępnych danych z instalacji przemysłowych. Zaproponowane przez Doktoranta wskaźniki postępu lub efektywności procesu krystalizacji są wystarczające do opisu i dyskusji otrzymanych wyników. Na szczególne uznanie zasługuje bardzo wysoka dbałość Doktoranta o precyzję wyników pomiarów. Praktycznie każdy punkt pomiarowy lub obliczony wynik jest podany łącznie z wartością odchylenia standardowego. W tej części recenzji Rozprawy Doktorskiej można mieć tylko niewielkie zastrzeżenia do strony redakcyjnej. Czytelnik może oczekiwać przedstawienia na rysunku 26 wszystkich opracowanych przez Doktoranta wykresów fazowych, a nie tylko wykresu poglądowego. Przygotowanie tych danych wymagało od Doktoranta dużego nakładu pracy i ma dużą wartość poznawczą. Diagramy te są przedstawione w dalszej części Rozprawy na wykresach 52-54, ale przy omawianiu innych zależności.

W przypadku dyskusji wyników badań z zastosowania różnych soli amonowych, których roztwory mogą różnić się lepkością pewnym niedociągnięciem jest ograniczenie się tylko do rozpatrywania szybkości obrotów mieszadła jako parametru mającego wpływ na morfologię kryształów. Mieszanie powoduje zmianę grubości warstwy dyfuzyjnej przez co uzyskuje się mniej lub bardziej jednorodne środowisko procesu. Prawdopodobnie lepszym kryterium byłoby zbadanie wpływu mocy mieszania N_p lub liczby Reynoldsa Re , które uwzględniają większą ilość parametrów mieszania takich jak rodzaj i wielkość mieszadła, ilość obrotów, gęstość roztworu i zapotrzebowania mocy do mieszania. Takie zależności byłyby pomocne przy powiększaniu skali procesu i dałoby podstawy lepszego doboru rodzaju mieszania i kształtu mieszadła, co ma wpływ na energochłonność całego procesu rekrytalizacji.

2.3 Ocena części Rozprawy Doktorskiej dotycząca omówienia wyników

Dyskusję otrzymanych wyników Doktorant rozpoczął od omówienia pomiarów rozpuszczalności renianów(VII) amonu lub potasu w wodzie. Jednymi z pierwszych omawianych zależności jest wpływ temperatury na gęstości nasyconego roztworu renianu(VII) amonu lub potasu przy różnych temperaturach początkowych (Rysunki 29 i 30). Na tym etapie omawiania wyników nie ma jednoznacznie określonego celu takich pomiarów i jaki wpływ będzie miała zmiana gęstości roztworu na proces krystalizacji. Same wykresy są nieintuicyjne i wymagają od Czytelnika dłuższego zastanowienia się, co na nich jest przedstawione. Trudno jest też porównywać bezpośrednio wartości gęstości roztworów w tej samej temperaturze, ze względu na różnice skali osi rzędnych i wartości początkowych gęstości w danej temperaturze. Ponadto, w dyskusji tych wyników Doktorant stwierdził, że w temperaturze powyżej 50 °C może zachodzić rozkład termiczny soli z wydzielaniem amoniaku. W dalszych badaniach mających na celu dobór soli amoniowych, renian(VII) amonu rozpuszczano wspólnie z wybraną solą amoniową w wodzie w temperaturze 60 °C. Mając na uwadze kłopoty z wyznaczeniem zależności gęstości roztworów od temperatury powyżej 50 °C i interpretacji tych wyników, nasuwa się pytanie czy podczas przygotowania roztworu do krystalizacji także nie następował rozkład termiczny soli, co negatywnie wpływa na wyniki badań.

Bardzo ciekawą częścią pracy jest ta, w której badany był wpływ zawartości soli amonowych i APR na ich rozpuszczalności. Dodatek soli amonowej zawierającej wspólny jon NH_4^{+} z renianem(VII) amonu powoduje efekt solny, który zwiększa rozpuszczalność soli trudno rozpuszczalnej, w tym przypadku renianu(VII) potasu. Badania te są bardzo dokładne i tworzą spójną całość z wcześniej wspomnianymi wykresami fazowymi, a interpretacja wyników jest szczegółowa i wyczerpująca. Doktorant jednoznacznie wskazał najkorzystniejsze warunki do prowadzenia krystalizacji renianu(VII) amonu w celu jego oczyszczenia z jonów potasu. Doktorant wskazał, że najwyższą wydajność i czystość produktu uzyskano stosując w procesie rekrytalizacji dodatkowo azotan lub chlorek amonu. W tym miejscu warto zauważyć, że obecność jonów chlorkowych w końcowym produkcie może ograniczyć jego zastosowanie do syntezy katalizatorów, co nie ma miejsca w przypadku obecności jonów azotanowych. Dużym sukcesem jest uzyskanie wysokiej, powyżej 93%, całkowitej efektywności usuwania potasu przy wydajności krystalizacji wynoszącej 73%. Wyższą wydajność uzyskano stosując jako dodatek siarczan amonu, ale przy zdecydowanie niższej efektywności oczyszczania, co ma decydujący wpływ na możliwość zastosowania takiego produktu do otrzymywania leków lub podzespołów elektronicznych. Efekt ten wyraźnie wskazuje na znaczący wpływ składu roztworu zastosowanego do krystalizacji na możliwości zastosowania otrzymanego produktu, co zostało szczegółowo omówione i wyjaśnione przez Doktoranta.

Istotną częścią pracy są badania określające ilość wprowadzanej soli amonowej do roztworu. Doktorant wykazał, że optymalną ilością dodatku jonów amonowych jest 0,175 mola/7,2405 g APR. Jest to mało wygodna jednostka i warto było ją przeliczyć na taką, która będzie bardziej intuicyjna i łatwiejsza do zastosowania przy powiększaniu skali np. $\text{molNH}_4^{+}/\text{kgAPR}$. Doktorant podjął się niełatwej próby wyjaśnienia zjawisk zachodzących podczas krystalizacji z roztworu wodnego zawierającego dwie sole o wspólnym jonie. Dyskusja wyników przeprowadzona w tej części Rozprawy jest bardzo dokładna i wielowątkowa,

wyjaśnia zjawiska zachodzące podczas krystalizacji oraz ich wpływ na czystość końcowego produktu.

W ostatnim etapie pracy przeprowadzono badania pozwalające określić wpływ szybkości chłodzenia oraz szybkości obrotowej mieszaniny na morfologię otrzymywanych kryształów renianu(VII) amonu, które można zaliczyć do grupy o kształcie podwójnej piramidy tetragonalnej. W przeprowadzonej analizie morfologii wytworzonych kryształów renianu(VII) amonu na powierzchni ścian widoczne są znaczne modyfikacje, spowodowane zmianą szybkości wzrostu kryształów. Na powierzchni niektórych kryształów widoczne są wgłębienia lub narosty świadczące o możliwości występowania wtórnego zarodkowania w roztworze, co ma wpływ na ich morfologię i strukturę otrzymanego produktu. Doktorant przeprowadził analizę ziarnową, określając przy tym charakterystyczne średnie wymiary, będące kluczowym wskaźnikiem, który pozwala na ocenę jednorodności produktu. Przeprowadzone pomiary wskazują na kluczową rolę kontroli szybkości chłodzenia w procesie krystalizacji renianu(VII) amonu, co pozwala na uzyskanie kryształów o pożądanej jednorodności i jednolitej strukturze. Ponadto, kontrola szybkości chłodzenia wpływa na aspekty ekonomiczne procesu, takie jak efektywność rozdziału faz oraz suszenie osadu. Aby zachować pełną kontrolę procesu rekrytalizacji renianu(VII) amonu, oprócz odpowiedniego składu roztworu należy w pełni monitorować warunki hydrodynamiczne procesu. Z kolei odpowiednie suszenie osadu jest kluczowe dla uzyskania produktu o wysokiej czystości i minimalnej zawartości wilgoci. W swoich badaniach Doktorant udowodnił, że właściwa kontrola procesu rekrytalizacji APR, wymaga określenia optymalnych warunków hydrodynamicznych i temperaturowych procesu oraz wykazał wpływ szybkości chłodzenia na morfologię powstających kryształów renianu(VII) amonu.

Ostatnim rozdziałem są założenia do wdrożenia, w których Doktorant podjął próbę powiększenia skali i przeniesienia wyników badań do praktyki przemysłowej. Uzyskane przez Doktoranta wyniki badań i opracowane zależności w pełni takie rozważania uzasadniają. Wstępny zaproponowany przez Doktoranta warunek, że „należy zachować podobieństwo geometryczne aparatów”, może być trudny do spełnienia natomiast drugi „prowadzenie procesu w tych samych warunkach hydraulicznych” a raczej hydrodynamicznych powinien być spełniony, żeby można było oprzeć prace projektowe na wynikach badań uzyskanych przez Doktoranta. W tym rozdziale Czytelnik oczekuje obliczeń i rozważań w większej skali niż laboratoryjna. O ile zawartości potasu w surowcu i produkcie odpowiednio 54 i 10 ppm są w pełni uzasadnione, to prowadzenie kalkulacji i dyskusji w skali pojedynczych gramów już nie, biorąc pod uwagę zamieszczone w tej pracy dane o rocznej produkcji renu w Polsce na poziomie ok. 10 ton/rok. Doktorant także bardzo słusznie zauważył, że stosowany przy krystalizacji azotan amonu pozostaje w roztworze i ze względów ekonomicznych i ekologicznych konieczne jest zagospodarowanie ługu pokrytalizacyjnego. Analogiczne działania są stosowane w praktyce przemysłowej np. w procesie otrzymywania sodu metodą Solwaya lub w procesie Bensona Fielda. Pewnym niedociągnięciem jest przedstawienie wykresu Sankey'a (rysunek 58) w pozycji poziomej. W większości przypadków takie szkice umieszcza się w pozycji pionowej, a strumienie kończy lub rozpoczyna odpowiednimi grotami. Bardzo pomocne byłoby umieszczenie bilansu masowego w tabeli poniżej. Bardzo wartościową częścią tego rozdziału jest kalkulacja ekonomiczna procesu. Doktorant wyraźnie wskazał najbardziej energochłonne i kosztowne operacje jednostkowe. Wiedza ta w bardzo dużym stopniu ułatwi projektowanie i wdrożenie procesu w skali ćwierć i półtechnicznej lub przemysłowej.

3. Podsumowanie Recenzji

Opisana w Rozprawie Doktorskiej metoda jednostopniowej rekrytalizacji renianu(VII) amonu z dodatkiem azotanu amonu jest rozwiązaniem nowatorskim i stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego i technologicznego. Ważną cechą opracowanej metody rekrytalizacji jest jej wyższa efektywność niż tradycyjnie stosowanych wieloetapowych procesów. Opracowana przez Doktoranta metoda rekrytalizacji umożliwia zmniejszenie zużycia energii i surowców, co przełoży się na obniżenie kosztów produkcji renianu(VII) amonu. Otrzymany nową metodą renian(VII) amonu jest wyższej czystości niż otrzymywany metodami tradycyjnymi, co zwiększa możliwości jego zastosowania w przemyśle chemicznym i metalurgicznym.

Podsumowując, stwierdzam, że mgr inż. Szymon Orda w ramach pracy doktorskiej zajmował się bardzo ciekawą i ważną tematyką, wymagającą wiedzy z wielu dziedzin. Doktorant wykazał się bardzo szeroką wiedzą teoretyczną w dyscyplinie Inżynieria Chemiczna i dużymi umiejętnościami pracy w laboratorium. Uzyskane przez Doktoranta wyniki są spójne, co wskazuje na dobrze opanowaną umiejętność planowania badań i systematyczność, które są niezbędne w zarówno pracy naukowej, badawczo-rozwojowej jak i w przemyśle. Doktorant przedstawił Rozprawę Doktorską w formie monografii zawierającą wyraźne elementy nowości naukowej i technologicznej. Wykorzystał w swoich eksperymentach szeroki wachlarz metod analitycznych i instrumentalnych, w celu określania składu produktów krystalizacji oraz struktury otrzymywanych kryształów. Otrzymane wyniki i omówione na ich podstawie zależności wskazują na wysoki potencjał aplikacyjny przeprowadzonych badań, a wszystkie zawarte w recenzji uwagi mają charakter formalny i nie umniejszają wartości Rozprawy Doktorskiej, którą oceniam bardzo pozytywnie.

Na koniec chciałbym podsumować dorobek naukowy Doktoranta. Jest on obszerny zawiera 15 publikacji naukowych z listy JCR, był uczestnikiem 12 wystąpień konferencyjnych w formie plakatu lub wykładu Jego prace według bazy WoS zostały zacytowane 27 razy a indeks Hirscha wynosi 4. Doktorant jest też współautorem 1 patentu i 8 zgłoszeń patentowych.

Stwierdzam, że praca doktorska Pana mgr. inż. Szymona Ordy w formie monografii zatytułowana „Badania krystalizacji renianu(VII) amonu w celu poprawy wydajności procesu oraz właściwości końcowych produktu” spełnia wszelkie wymagania stawiane pracom doktorskim, określonym w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668, Dz. U. z 2022 r. poz. 574 z późniejszymi zmianami). Praca spełnia wymogi prac realizowanych w ramach dziedziny nauk inżyniero-technicznych w dyscyplinie naukowej Inżynieria Chemiczna. W związku z tym pozytywnym wnioskiem końcowym, wnoszę o dopuszczenie Doktoranta do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



