

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. **Sylwii Styczyńskiej** zatytułowanej:
**„Optymalizacja mikrostruktury i właściwości napoin nakładanych
na powierzchnię roboczą świrdrów trójgryzowych”**

1. Uwagi o wyborze tematyki i celu rozprawy

Przemysł wydobywczy jest związany z surowcami mineralnymi, do których zaliczamy: surowce energetyczne, np. węgiel kamienny i brunatny, ropę naftową, gaz ziemny; surowce metaliczne, tj. rudy metali; surowce chemiczne, np. sole potasowe, fosforyty, siarka oraz surowce skalne (budowlane), w tym piaski, żwiry, wapienie, dolomity, granity i wiele innych.

Obecnie w Polsce bardzo duże znaczenie strategiczne ma wydobycie surowców energetycznych: węgla kamiennego, węgla brunatnego oraz rudy miedzi. Spośród innych bogactw mineralnych bardzo istotny jest gaz ziemny, który wydobywany w Polsce zapewnia ok. 40% krajowych potrzeb oraz ropa naftowa, której niestety aż 97% jest sprowadzane z zagranicy.

Przemysł wydobywczy w Polsce stanowi jedną z najważniejszych gałęzi polskiej gospodarki. W XXI nowe uwarunkowania związane z konkurencyjnością i efektywnością tej gałęzi przemysłu a także bezpieczeństwem pracy i ograniczeniami związanymi z ochroną środowiska naturalnego powodują konieczność obniżenia kosztów wydobycia oraz innowacji technologicznych. W opinii Głównego Instytutu Górniczego: „obecny poziom innowacyjności w polskim przemyśle wydobywczym pozostawia jeszcze wiele do życzenia”. Bardzo podobne sformułowania otwierają pracę doktorską Pani mgr Sylwii Styczyńskiej, które wskazują, na kłopoty związane z ciągłością dostaw podczas pandemii Covid-19, co w efekcie spowodowało znaczny wzrost innowacyjności zarówno technologicznej jak i materiałowej. Jedną z dziedzin przemysłu wydobywczego jest wiertnictwo. W tym obszarze innowacje technologiczne są głównie związane z rozwojem konstrukcji wiertnic, w tym świrdrów gryzowych oraz materiałów ze względu na bardzo trudne warunki pracy tych elementów.

Można zatem z całą pewnością stwierdzić, że obszar badawczy pracy doktorskiej Pani Sylwii Styczyńskiej pt. „Optymalizacja mikrostruktury i właściwości napoin nakładanych na powierzchnię roboczą świrdrów trójgryzowych” jest całkowicie zgodny

i wpisuje się w obecne kierunki rozwoju technologii wiertniczych a uzyskane wyniki badań stanowią istotne uzupełnienie wiedzy z zakresu inżynierii materiałowej i technologii napawania elementów pracujących w złożonych stanach naprężeń oraz w warunkach zmęczenia i korozji.

Na podstawie analizy danych literaturowych oraz doświadczeń zdobytych w swojej karierze zawodowej Doktorantka przyjęła założenie, że [REDAKTOWANE]

[REDAKTOWANE] Przedstawiony cel doktoratu wdrożeniowego jest zgodny z przeglądem stanu wiedzy, kierunkami rozwoju technologii i w pełni wpisuje się w aktualny obszar poszukiwań innowacyjnych rozwiązań obniżających koszty i poprawiających efektywność technologii wiertniczych.

2. Charakterystyka rozprawy

Recenzowana rozprawa doktorska została podzielona na dwie główne części, tj.: część obejmującą analizę literatury oraz część przedstawiającą wyniki badań własnych, ich analizę, zakończoną dyskusją wyników i wnioskami. Poszczególne części zostały podzielone na rozdziały i podrozdziały. Całość pracy obejmuje 149 stron tekstu. Zamieszczono w niej aż 146 rysunków w postaci zdjęć, schematów i wykresów oraz 27 tabel. Analizę stanu wiedzy przeprowadziła Autorka na podstawie 89 pozycji literaturowych, głównie z ostatnich 10 lat.

W pierwszej części Doktorantka w związku sposób przedstawiła genezę pracy. Następnie dokonała przeglądu literatury, w którym omówiła zagadnienia związane z wiertnictwem, jego historią oraz kierunkami rozwoju. W kolejnym rozdziale dotyczącym systematyki świrdrów i koronek rdzeniowych zostały przedstawione rozwiązania konstrukcyjne i materiałowe świrdrów gryzowych, które są przedmiotem pracy doktorskiej. Autorka przedstawiła również materiałowe aspekty wytwarzania zębów gryzów oraz warunki ich pracy. W części teoretycznej Pani mgr inż. Sylwia Styczyńska wykonała także przegląd metod napawania, skupiając się na technologiach: [REDAKTOWANE]

[REDAKTOWANE] Są to technologie obecnie stosowane w przemyśle lub nowe technologie o dużym potencjale zastosowania. Analiza części literaturowej została podsumowana w rozdziale pt.: „Wymagania i potrzeby rynku” i na tej podstawie został sformułowany cel pracy.

Podsumowując, przedstawiony przez Doktorantkę przegląd literatury i ocena aktualnego stanu wiedzy zostały wykonane poprawnie, w sposób jasny i przejrzysty, a wykazane informacje w sposób logiczny uzasadniają przyjęty cel.

W pracy nie sformułowano tezy pracy, jednak jej cel związany z „[redacted]”
[redacted]
[redacted] czytelnie pokazują obszar zainteresowania i założenia Doktorantki. Należy podkreślić, że praca została zrealizowana [redacted].

W rozprawie brak jest zakresu pracy lub planu badań, co znacznie poprawiłoby czytelność i zrozumienie kolejnych działań doktorantki. Poszczególne informacje można uzyskać czytając rozdział 6 „Metodyka badań”, w którym został opisany materiał podstawowy, technologie napawania wykorzystane do przygotowania próbek, obróbka cieplno-chemiczna i metodyka badań materiałowych z uwzględnieniem badań strukturalnych i badań właściwości mechanicznych i eksploatacyjnych. Należy podkreślić wykorzystanie przez Doktorantkę zarówno badań nieniszczących, jak również metod niszczących, w tym zaawansowanych metod badań struktury, oceny ścieralności oraz odporności na uderzenia. Z tej części można wnioskować o dobrej znajomości przez Autorkę metod badawczych, w tym zaawansowanych technik mikroskopii skaningowej oraz ich wykorzystania do opisu zjawisk strukturalnych. Nie do końca celowym było podkreślenie metodyki analizy statystycznej w dwóch zdaniach, w osobnym rozdziale. Można to było umieścić w rozdziale dotyczącym badań materiałowych.

Wyniki badań wraz z ich dyskusją zostały zebrane w rozdziale 7. W pierwszej części Autorka bardzo dokładnie scharakteryzowała materiał dodatkowy [redacted] [redacted] a następnie przedstawiła wyniki prób technologicznych napawania wraz z opisem strukturalnym wykonanych napoin i oceną ich właściwości materiałowych. Ta technologia [redacted] i to było podstawą przyjęcia tych napoin jako napoin odniesienia. W podsumowaniu tej części Pani mgr inż. Sylwia Styczyńska sformułowała kierunki dalszej optymalizacji w zakresie zamiany technologii [redacted]
[redacted]
[redacted].

Wyniki tych badań i optymalizacji technologii oraz doboru materiału pokazała Doktorantka w kolejnych rozdziałach, przedstawiając [redacted]
[redacted]
[redacted] ze szczegółowym opisem struktury napoin i ich właściwości. Każda część została zakończona omówieniem wyników i dyskusją oraz wyznaczeniem kierunków dalszej optymalizacji. Całość pracy zakończono

podsumowaniem oraz wnioskami, które znajdują uzasadnienie w wynikach badań przedstawionych w pracy.

W podsumowaniu należy stwierdzić, że praca charakteryzuje się klasycznym układem obejmującym: analizę literatury, która zakończona rozdziałem „Wymagania i potrzeby rynku”, stała się podstawą do określenia celu pracy. Wykonane próby technologiczne napawania oraz badania strukturalne, ocena właściwości mechanicznych wykonanych napoin umożliwiły sformułowanie uzasadnionych wniosków. Należy zatem stwierdzić, że zakres rozprawy został zrealizowany a cel osiągnięty i tym samym spełnione są wymagania stawiane pracom doktorskim.

3. Uwagi formalne

Czytając tekst rozprawy należy stwierdzić, że jest to praca na poprawnym poziomie edycyjnym, szczególnie w zakresie badań metalograficznych. Nieliczne błędy edytorskie tzw. literówki, zdania i wyrażenia, których styl odbiega od norm obowiązujących w języku polskim nie obniżają wartości merytorycznej pracy. Uwagi na ten temat przekazę Doktorantce w nadziei, że uwzględni je w dalszej swojej działalności zawodowej i naukowej.

Istotnym uzupełnieniem analizy wyników i ich dyskusji oraz podsumowania byłoby umieszczenie w tych rozdziałach powołań na rysunki lub tabele, których dotyczy analiza. To pozwoliłoby czytającemu na lepsze zrozumienie rysunku 143 zamieszczonego na stronie 136 podsumowującego całą optymalizację materiałową i procesową technologii nanoszenia powłok.

4. Ocena merytoryczna rozprawy

W krótkiej części teoretycznej Doktorantka przedstawiła główne zadania wiertnictwa oraz sposoby wiercenia a także opisała podstawowe urządzenia, ze szczególnym uwzględnieniem świderów gryzowych, którymi zajęła się w pracy. W tej części rozprawy Pani mgr inż. Sylwia Styczyńska przedstawiła również warunki pracy świderów opisane w literaturze światowej, m.in. zużycie ściernie, pęknięcie udarowe, zmęczenie mechaniczne a także przyczyny uszkodzeń gryzów wiertniczych związane z wyłamaniem lub starciem się zębów, erozją korpusu, zużyciem łożysk, zatkaniem dysz oraz oblepieniem narzędzia. Informacje te uzupełniła szczegółowa analiza materiałów stosowanych na narzędzia (w szczególności świderów gryzowych) oraz zjawisk strukturalnych decydujących o trwałości narzędzia. Te dane były podstawą do zajęcia się optymalizacją materiału na napoiny zębów świderów gryzowych. Drugim obszarem optymalizacji podjętym w pracy był dobór

technologii napawania. W części teoretycznej została przedstawiona technologia [REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED] Autorka krótko opisała te technologie, podsumowując ich zalety i wady, co pozwala na jednoznaczną ocenę ich przydatności. Całość przeglądu literatury została zakończona podsumowaniem w którym stwierdzono, że materiał na świdry gryzowe „powinien z jednej strony zapewnić odporność na ścieranie, ale z drugiej strony także odporność na obciążenia dynamiczne”. Drugim istotnym sformułowaniem jest stwierdzenie, że „poprawy właściwości materiałów poszukuje się zarówno w opracowaniu nowych materiałów jak i w usprawnieniu procesów technologicznych związanych z ich wytworzeniem.” Te stwierdzenia stały się podstawą do sformułowania celu pracy, jakim była „[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]”. W mojej opinii cel pracy jest sformułowany prawidłowo, ale brak jest zakresu i planu badań wymaganego do jego realizacji.

Metodyka badań obejmuje charakterystykę materiału gryzów i łap świdrów, opis stanowisk do [REDACTED]
[REDACTED] a także opis metodyki badania napoin, w tym badań nieniszczących prądami wirowymi oraz badań penetracyjnych. Do badań strukturalnych Doktoranta wykorzystano mikroskopię świetlną, elektronową mikroskopię skaningową z mikroanalizą składu chemicznego EDS, dyfrakcję rentgenowską XRD oraz do analizy wielkości cząstek dyfrakcję laserową i tomografię komputerową. Uzupełnieniem badań strukturalnych była ocena ścieralności i badania udarności oraz próba technologiczna badania odporności na uderzenia. Zaproponowany zakres badań materiałowych jest zasadny i świadczy o dużym doświadczeniu badawczym Doktorantki. Istotnym uzupełnieniem opisu materiału do badań byłoby zamieszczenie w pracy danych z atestów materiałowych oraz ich porównanie z pomiarami rzeczywistymi. Pozwoliłoby to zakwalifikować materiał do dalszych badań. Informacje te można znaleźć w kolejnych rozdziałach, jednak nie są one odnoszone do atestów materiałowych.

Rozdział dotyczący wyników badań i ich dyskusji (rozdział 7) ułożony został zgodnie z technologiami napawania, w kolejności [REDACTED]
[REDACTED]. Autorka bardzo szczegółowo opisała dwa podstawowe materiały do napawania gazowego. Opisała morfologię proszku podstawowego, skład chemiczny (EDS) oraz skład fazowy określony metodą XRD. Biorąc pod uwagę również wyniki tomografii komputerowej Autorka stwierdziła, że skład chemiczny, jak i wielkość proszku jest zgodna z

deklaracjami producenta. Ten materiał posłużył do napawania gazowego próbek. Wykonana analiza materiałograficzna ujawniła pęknięcia w napoinach zarówno przez węgliki jak również po granicach węglików (rys. 31 i 32). Doktorantka ujawniła w napoinie występowanie dwóch rodzajów cząstek [REDACTED]. Stwierdziła, że udział powierzchniowy [REDACTED] (rys. 35). Nasuwa się zatem pytanie, które cząstki są lepsze w zastosowaniu na powierzchnię zębów gryzów: sferyczne czy nieregularne, przy założonym mechanizmie zużycia?

Następnie Doktorantka wykazała, że po napawaniu stan naprężeń ściskających w osnowie (napoina) jest prawie dwukrotnie wyższy niż w materiale podstawowym. Niestety nie ma wyjaśnienia z czego wynika taki stan naprężeń.

Na podstawie analizy wyników badań strukturalnych i badań mechanicznych pokazanych w tablicach 6 i 7 Autorka sformułowała kierunki dalszej optymalizacji, wskazując m.in. [REDACTED]

[REDACTED]. Doktorantka zwróciła również uwagę na [REDACTED]. Te uwagi skierowały dalsze badania w kierunku nowej [REDACTED]

[REDACTED] charakteryzowała się licznymi pęknięciami (rys. 57) co było podstawą do niezakwalifikowania napoiny do dalszych badań. W tym miejscu powstaje pytanie: jaka była przyczyna tak licznych pęknięć napoiny, czy było to związane z materiałem podłoża, materiałem dodatkowym a może z technologią napawania?

Drugim materiałem [REDACTED], który został bardzo szczegółowo zbadany i opisany w rozdziale 7.2.3. Napoiny wykonane [REDACTED] zostały pokazane w rozdziale 7.2.4. W tej części pracy Doktorantka bardzo szczegółowo opisała strukturę napoiny, dzieląc ją na dwie strefy i w każdej opisując ujawnione fazy. Wyniki badań strukturalnych zostały uzupełnione badaniami właściwości mechanicznych, co pozwoliło na sformułowanie kierunków dalszej optymalizacji materiału i procesu. Autorka wykazała, że powłoki wykonane tą metoda charakteryzowały się dobrym połączeniem z podłożem oraz brakiem nieciągłości a cząstki umacniające były rozmieszczone równomiernie. Nie do końca jest wyjaśniona rola obróbki cieplnej napoin, po co była wykonywana i jakie były parametry, jeżeli zmienił się materiał napoiny?

Doktoranta wykazała zalety technologii [REDACTED], m.in. możliwość nakładania cieńszych napoin (czy jest kryterium związane z minimalną grubością napoiny?) oraz stwierdziła, że napoiny wykonane [REDACTED] charakteryzują się znacznie większą udarnością i odpornością na ścieranie, co było jednym z kierunków optymalizacji. Proces [REDACTED] jest zautomatyzowany i umożliwia spawanie drobnych detali, natomiast jest problem z doбором parametrów technologicznych, co skutkuje zbyt dużym wtopieniem oraz degradacją węglików. Szczegółowa analiza wyników napawania zarówno badań metalograficznych jak i oceny właściwości mechanicznych umożliwiła Pani mgr inż. Sylwii Styczyńskiej stwierdzenie, że [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] umożliwia wytworzenie napoiny o wyższych parametrach wytrzymałościowych w porównaniu do napoiny wytwarzanej [REDACTED]. Jednak z powodu niedogodności np. konieczności napawania tylko w pozycji podolnej, wskazała na konieczność sprawdzenia i oceny nowej technologii [REDACTED].

W części dotyczącej napawania laserowego Doktorantka na podstawie wcześniejszych wyników badań wykorzystwała proszek [REDACTED] [REDACTED]. [REDACTED] [REDACTED] Ze względu na dużą liczbę zmiennych celowym wydaje się przeprowadzenie procedury planowania eksperymentu, tak aby określić zakres niezbędnych badań technologicznych.

Po ocenie jakości napoin metodami nieniszczącymi oraz za pomocą badań metalograficznych, które ujawniły liczne niezgodności spawalnicze. Autorka wskazała, że najlepszymi właściwościami [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED]

W kolejnej części rozprawy zostały przeprowadzone bardzo szczegółowe badania strukturalne napoin wykonanych [REDACTED] z zastosowaniem dobranych w pracy parametrów technologicznych. Wyniki tych badań są pokazane czytelnie a na szczególnie pokreślenie zasługuje bardzo jasne pokazanie zmian struktury napoiny na przekroju poprzecznym (rys. 100). Wyniki tych badań uzupełnione analizą EDS i XRD oraz oceną właściwości mechanicznych były podstawą do prób napawania zębów odciętych od gryza

i wykonania technologicznej próby odporności na uderzenia. Wszystkie te badania oraz wynikające wnioski umożliwiły napawane metodą [REDACTED] całego gryza wielkośrednicowego (rys. 116), co należy uznać za sukces technologiczny i spełnienie założeń wdrożeniowych doktoratu.

W mojej opinii bardzo istotną częścią pracy jest rozdział dotyczący wdrożenia [REDACTED]

[REDACTED] W wyniku czego zostały ustalone najlepsze parametry procesu zapewniające równomierne rozmieszczenie cząstek umacniających i brak nieciągłości w napoinie. [REDACTED]

[REDACTED] Należy uznać to za osiągnięcie Doktorantki w zakresie doboru materiału na napoinę pracującą w złożonych stanach naprężeń, co w przyszłości, po jej wdrożeniu będzie skutkowało zwiększeniem trwałości narzędzia a tym samym zwiększeniem konkurencyjności wyrobu.

Całość pracy została podsumowana przez Doktorantkę w bardzo przejrzysty sposób, pokazany na rys. 143. Analiza wyników przedstawiona w podsumowaniu oraz zestawiona na rys. 143 w pełni uzasadnia sformułowane wnioski, które zostały podzielone na wnioski związane z metodą napawania, materiałem napoiny oraz parametrami napawania.

5. Uwagi końcowe

Rozprawa doktorska mgr inż. Sylwii Styczyńskiej jest oryginalnym osiągnięciem naukowym i rozwiązaniem problemu technologicznego jakim jest optymalizacja zarówno materiałowa jak i technologiczna procesu napawania zębów świdra gryzowego. Przedstawione w pracy wyniki badań materiałowych, zarówno charakterystyki proszków, jak i napoin oraz ocena ich właściwości mechanicznych a także zagadnienia technologiczne związane z nowoczesnymi procesami napawania wskazują na bardzo dobrą wiedzę teoretyczną i praktyczną kandydatki w dyscyplinie inżynieria materiałowa oraz inżynieria mechaniczna. Doktorantka wykazała się dobrą znajomością oraz umiejętnością praktycznego zastosowania różnorodnych narzędzi badawczych, co pozwoliło jej zrealizować cel rozprawy.

Stwierdzam, że praca spełnia wymagania obowiązującej Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki i wnioskuję o dopuszczenie mgr inż. Sylwii Styczyńskiej do publicznej obrony rozprawy przed Radą Naukową Dyscypliny Inżynieria Materiałowa na Politechnice Warszawskiej w dyscyplinie naukowej inżynieria materiałowa.

