

R E C E N Z J A

pracy doktorskiej mgr inż. **JESICY BIŚ**

nt. **"Teoretyczno-doświadczalna analiza wytwarzania rur w procesie bezkielichowego walcowania metodą pielgrzymową"** wykonana na zlecenie Rady Dyscypliny Naukowej

Inżynieria Materiałowa Politechniki Częstochowskiej,

zgodnie z uchwałą RD IM z dnia 30 stycznia 2025 roku.

(Pismo R-WIPiTM.BOD.510.2.2020 z dnia 14 luty 2025 r.)

Recenzję opracowano zgodnie z wymaganiami określonymi w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r.- Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2020 roku poz.85 z późn. zm.) w sprawie kryteriów osoby ubiegającej się o stopień doktora.

Recenzja składa się z czterech części w której przedstawiono:

- Ocenę istotności problemu naukowego.
- Analizę i ocenę poszczególnych fragmentów pracy.
- Uwagi dyskusyjne.
- Ocenę końcową pracy

1. Ocena istotności problemu naukowego rozprawy

Doktorantka mgr inż. Jesica Biś jest absolwentką Wydziału Inżynierii Produkcji i Technologii Materiałów Politechniki Częstochowskiej, po obronie w 2017 roku pracy magisterskiej pt.: „Jakość i obsługa klienta na przykładzie wybranego przedsiębiorstwa”. Bezpośrednio po zakończeniu studiów magisterskich rozpoczęła studia doktoranckie w Politechnice Częstochowskiej, a w 2020 roku odbyła staż w Walcowni Rur Alchemia S.A., oddział Rurexpol w Częstochowie, co umożliwiło Jej zapoznanie się z praktycznymi aspektami technologii wytwarzania rur bezszwowych metodą pielgrzymową.

Rozprawa doktorska mgr inż. Jasicy Biś została przedłożona w roku 2024 na Wydziale Inżynierii Produkcji i Technologii Materiałów Politechniki Częstochowskiej pod kierunkiem dr hab. inż. Bartosza Koczurkiewicza, prof. Pol.Cz. Praca została napisana w klasycznym układzie. Zawiera spis treści, wprowadzenie, przegląd literatury, cele i tezę pracy, wyniki badań własnych, podsumowanie i wnioski oraz spis rysunków i wykaz literatury. W spisie literatury Doktorantka podaje 132 pozycje krajowe i zagraniczne, do których odwołuje się w swojej rozprawie. Rozprawa obejmuje 117 stron, 85 rysunków i jedną tabelę. Zamieszczony w pracy materiał ilustracyjny w postaci rysunków i wykresów dostatecznie podkreśla wyniki badań własnych i w wystarczającym stopniu stanowi wsparcie merytoryczne dla wniosków końcowych rozprawy. Autorka używa poprawnej terminologii technicznej. Rozprawa napisana jest w języku polskim.

Tematyka rozprawy dotyczy kształtowania plastycznego na gorąco rur stalowych bezszwowych, otrzymywanych metodą walcowania pielgrzymowego, stosowanych w wielu gałęziach przemysłu. W recenzowanej rozprawie doktorskiej analizowane są aspekty teoretyczne i technologiczne procesu walcowania pielgrzymowego na gorąco, który charakteryzuje się dużą nieliniowością, asymetrią, trówymiarowymi odkształceniami w trakcie procesu. To czyni, że proces ten jest mało poznany, a jednocześnie metoda walcowania pielgrzymowego rur od dziesięcioleci nie jest modernizowana. W przemyśle parametry technologiczne walcowania pielgrzymowego dobierane są na podstawie szeregu prób i eliminowania błędów.

Należy podkreślić, że podjęcie pracy doktorskiej dotyczącej walcowania pielgrzymowego rur bez szwu odpowiada zapotrzebowaniu zgłoszonemu przez krajowy przemysł. Umożliwia to określenie, na drodze eksperymentalnej, a także uzupełnione przez symulacje numeryczne, wpływu parametrów technologicznych na sposób kształtowania końca tulei w walcierce skośnej wydłużającej. W efekcie pozwala to na opracowanie założeń technologicznych do bezkielichowego walcowania pielgrzymowego oraz uzyskanie rur o większej długości niż otrzymywanych według obecnie stosowanej technologii.

Realizacja badań w zakresie kształtowania plastycznego na gorąco rur stalowych metodą pielgrzymową, mimo trudnej sytuacji przemysłu stalowego, ma charakter aktualny i nowatorski, jest uzasadniona, a tym samym spełnia oczekiwania w aspekcie naukowym. Praca ma znaczenie zarówno poznawcze jak i technologiczne. Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Jasicy Biś wpisuje się zatem swoją tematyką w interesujące i nadal aktualne obszary badań poznawczych i aplikacyjnych nauk technicznych, w obszarze

inżynierii materiałowej. Należy dodać, że rozprawa ta wpisuje się także w tematykę badawczą realizowaną i rozwijaną od wielu lat na Wydziale Inżynieri Produkcji i Technologii Materiałów Politechniki Częstochowskiej.

2. Analiza i ocena poszczególnych fragmentów pracy

Studium literaturowe zawarte na 35 stronach składa się z wprowadzenia oraz dziewięciu podrozdziałów, które obejmują zagadnienia dotyczące różnych metod wytwarzania rur bez szwu. We wprowadzeniu do analizy stanu zagadnienia Doktorantka wskazuje, że rury bez szwu produkowane są od 1890 roku i stosowane w wielu gałęziach przemysłu. Mimo iż stanowią 10% całej produkcji rur to są bardziej wytrzymałe niż rury ze szwem, a ryzyko nieszczelności wynikające z uszkodzeń lub nieciągłości jest nieznaczne. Doktorantka podkreśla, że sposób wytwarzania rur bezszwowych metodą pielgrzymową został opracowany pod koniec dziewiętnastego wieku i od dziesięcioleci nie był modernizowany. Powoduje to konieczność poszukiwania rozwiązań umożliwiających modyfikację istniejącego procesu wytwarzania rur pod kątem minimalizacji ilości wad, niezgodności wymiarowej oraz zmniejszenia kosztów produkcji.

W podrozdziale pierwszym Doktorantka omawia sposób wytwarzania grubościennych tulei rurowych w skośnych walcarkach dziurujących, które stanowią podstawowe wyposażenie walcowni rur bez szwu. Wskazuje na mnogość rozwiązań w sposobach ustawienia walców oraz kształcie narzędzi jakimi są walce lub tarcze. W literaturowym przeglądzie metod wytwarzania wyróżnić można walcarki dwuwalcowe Mannesmana z prowadnicami rolkowymi, Stiefela z prowadnicami płaskim, Dischera z prowadnicami tarczowymi oraz trójwalcowe Assela. Następną część przeglądu piśmiennictwa związana jest ze szczegółowym omówieniem wymienionych urządzeń do dziurowania i walcowania tulei. Kolejny podrozdział dotyczy otrzymywania tulei poprzez dziurowanie wlewka na prasach hydraulicznych. Różni się od wytwarzania tulei w skośnych walcarkach dziurujących tym, że powstała tuleja (tzw. szklanka) posiada denko, które jest następnie wyrywane. Trzeci podrozdział dotyczy wyciskania tulei grubościennych, a czwarty walcowania tulei rurowych w skośnych walcarkach wydłużających. W walcarce skośnej następuje wydłużenie szklanki i przebicie denka, a wykonana tuleja stanowi wsad do walcowania w walcarce pielgrzymowej. Kolejne podrozdziały dotyczące walcowania rur w walcowniach ciągłych, ciągnięcia rur oraz walcowania rur w ławie przepychowej stanowią uzupełnienie możliwości wytwarzania rur stalowych bez szwu. Bezpośrednio z tematyką pracy związany jest końcowy rozdział dotyczący wytwarzania rur w walcowni pielgrzymowej. Doktorantka charakteryzuje

proces walcowania rur, podstawowe urządzenia oraz wady i zalety procesu walcowania rur w walcowniach pielgrzymowych.

Przegląd piśmiennictwa Doktorantka kończy podsumowaniem, w którym ponownie wskazuje na brak modernizacji walcowni pielgrzymowych od dziesięcioleci, które muszą konkurować z innymi wysokowydajnymi procesami wytwarzania rur. Propozycja zwiększenia uzysku w produkcji rur w walcowni pielgrzymowej została opracowana przez pracowników Politechniki Częstochowskiej. Zawarta w patencie krajowym oparta jest na sposobie mocowania trzpienia walcarki pielgrzymowej, co powoduje dowalcowanie kielicha i otrzymanie rury o zwiększonej długości. Zastosowanie w pełni przedstawionej propozycji wymaga jednak opracowania nowych wytycznych do technologii bezkielichowego walcowania rur metodą pielgrzymową.

Przegląd piśmiennictwa jest zredagowany w oparciu o 54 pozycje literaturowe i w dużym stopniu koresponduje z tematyką rozprawy oraz problematyką prezentowaną w badaniach własnych. Niektóre fragmenty przeglądu piśmiennictwa mają charakter podręcznikowy, powszechnie znany absolwentom metalurgii. Brakuje mi więcej informacji dotyczących obecnie istniejących walcowni pielgrzymowych, asortymentu produkowanych rur, rozwiązań technologicznych i wyników doświadczeń. Doktorantka jedynie wskazuje na brak w dostępnej literaturze wyników badań związanych z zagadnieniem walcowania rur metodą pielgrzymową.

W rozdziale trzecim Doktorantka przedstawia genezę pracy oraz przyjętą tezę pracy brzmiącą: *„Stosując narzędzia numeryczne do modelowania procesów przeróbki plastycznej możliwe jest opracowanie parametrów technologicznych wytwarzania rur stalowych metodą bezkielichowego walcowania rur w walcarce pielgrzymowej, które zapewnią uzyskanie wyrobu wolnego od wad wewnętrznych”*. Przyjmuje dla potwierdzenia tezy cel badawczy, którym jest określenie takiego schematu płynięcia metalu podczas wytwarzania rur metodą bezkielichową, który umożliwi powtarzalne dowalcowanie kielicha w walcarce pielgrzymowej, zapewniając zwiększenie długości przy spełnieniu wymogów jakościowych. Zaproponowana teza pracy w mojej ocenie jest adekwatna do podjętego problemu badawczego a wraz z przyjętym zakresem badań wskazuje na spodziewane rezultaty badań i potwierdzenia słuszności postawionej tezy. Jednak Doktorantka nie precyzuje dokładnie, jaki problem naukowy będzie rozwiązany.

Badania własne Doktorantka rozpoczyna od analizy procesu wytwarzania rur z kielichem metodą pielgrzymową. Do analizy wytypowana została rura o średnicy 177 mm i grubości ścianki 28 mm ze stali gatunku S235. Szczegółowo opisuje proces wyciskania grubościennej

tulei na prasie, podaje parametry technologiczne wyciskania i wygląd tulei po wyciskaniu. Kolejno omawia proces walcowania w skośnej walcarce wydłużającej, podaje parametry walcowania, przykład wyrwanego denka i wygląd powstałej tulei o średnicy zewnętrznej 357 mm i długości około 2000 mm. Następnie omawia proces walcowania rur w walcarce pielgrzymowej, podaje parametry walcowania i przykład rury z kielichem po zakończeniu procesu wydłużania.

Kolejny rozdział dotyczy numerycznego modelowania procesu wytwarzania rur z kielichem metodą walcowania pielgrzymowego. Doktorantka, w oparciu o prowadzone w Politechnice Częstochowskiej badania numeryczne oraz dane technologiczne zaczerpnięte z rzeczywistego procesu wytwarzania rur przyjęła parametry kinematyczne i warunki brzegowe a model reologiczny stali S235 z bazy zawartej w programie Forge NX. Modele geometryczne wsadu, narzędzi do zamodelowania procesu przebijania, walcowania w skośnej walcarce wydłużającej oraz walcarce pielgrzymowej Doktorantka zaprojektowała przy użyciu programów AutoCad i Rhinoceros. Symulacje numeryczne przeprowadziła w trzech etapach, zgodnie z rzeczywistym procesem wytwarzania rur, t.j: wyciskanie tulei grubościennej, wydłużanie tulei w walcarce skośnej i wydłużanie w walcarce pielgrzymowej.

W dokonanej symulacji procesu wyciskania tulei grubościennej z dnem Doktorantka przedstawiła przebieg zmiany nacisku metalu na czołową powierzchnię stempla. Wykazała gwałtowny wzrost nacisku w końcowym etapie kształtowania denka. Proces walcowania w walcarce skośnej analizowała w kolejnych fazach, od dosunięcia tulei do walców, poprzez kształtowanie otworu wewnętrznego tulei aż do dziurowania w którym następuje wyrwanie denka. Analiza procesu walcowania w walcarce skośnej wykazała, że możliwy jest wpływ parametrów technologicznych na sposób płynięcia metalu podczas kształtowania tulei, a tym samym na geometrię końcówki rury. Na podstawie wyników symulacji procesu walcowania pielgrzymowego rur bezszwowych z kielichem Doktorantka wykazała, że kształt kielicha nie jest zależny od sposobu wydłużania rury w walcarce pielgrzymowej. Na kształt kielicha i występujące wady ma jedynie wpływ sposób płynięcia materiału w walcarce skośnej wydłużającej i uzyskanie charakterystycznej końcówki rury. Możliwość sterowania procesem wydłużania i uzyskania odpowiedniego kształtu końcówki rury pozwala na uzyskanie większej długości rury po walcowaniu w walcarce pielgrzymowej. W kolejnym podrozdziale badań własnych Doktorantka przedstawiła wyniki symulacji dla różnego położenia główki dziurującej względem progu walców, wpływu kąta rozwałcowania na kształt końcówki rury podczas walcowania w walcarce skośnej. Określiła najbardziej korzystne, ze względu na kształt końcówki tulei i wartość siły nacisku, położenie główki dziurującej, wartości kąta

rozwałcowania i kąta zukosowania. W końcowym etapie badań własnych Doktorantka przeprowadziła weryfikację wyników symulacji numerycznych w warunkach przemysłowych z uwzględnieniem opracowanych w badaniach własnych parametrów technologicznych walcowania w walcierce skośnej wydłużającej. Wykazała zgodność kształtu końcówki otrzymanej w wyniku symulacji numerycznych i końcówki rury otrzymanej w rzeczywistym procesie walcowania, co potwierdza słuszność postawionej tezy. Otrzymano rurę o długości większej niż obecnie produkowanej, co wskazuje, że zaproponowane parametry technologiczne umożliwiają dowlcowanie kielicha w walcowni pielgrzymowej i uzyskanie dłuższej rury niż obecnie oraz pozbawionej wad wewnętrznych.

Rozprawa doktorska na zakończenie zawiera krótkie podsumowanie i Doktorantka podaje sześć wniosków wynikających z prowadzonych obliczeń numerycznych i prób doświadczalnych.

Oceniając zrealizowane przez Doktorantkę badania własne muszę stwierdzić, że część eksperymentalna, która wymagała niewątpliwie dużego nakładu pracy, wiedzy i umiejętności została umiejętnie zaplanowana i wykonana. Ze starannością przeprowadzono i opisano analizy numeryczne i proces kształtowania rur bez szwu metodą pielgrzymową. Załączone rysunki, tabele i schematy są na ogół przejrzyste i dobrze uzupełniają tekst pracy. Pewne zastrzeżenia budzi strona redakcyjna i edycja rozprawy, co do braku odnośników literatury pod niektórymi rysunkami, podanie znacznej ilości cytowań, gdzie wymagana jest literatura źródłowa, skala i czytelność niektórych rysunków. Zaznaczyłem to w tekście pracy. Wymaga podkreślenia faktu, że przedstawione wyniki badań własnych mają wartość poznawczą i praktyczną, co potwierdza, że założenia i cele rozprawy były słuszne. Przeprowadzone badania potwierdzają przyjętą tezę pracy, że możliwe jest określenie w symulacjach numerycznych takich parametrów technologicznych procesu walcowania w walcowniach pielgrzymowych, które pozwolą na realizację bezkielichowego walcowania i otrzymanie zwiększonej długości rury, przy spełnieniu wymagań jakościowych. Doktorantka wykazała się umiejętnością prowadzenia badań i ich analizy w oparciu o wiedzę z metalurgii, a w szczególności z obróbki plastycznej metali, a tym samym z inżynierii materiałowej.

Do największych osiągnięć Doktorantki należy zaliczyć :

- opracowanie literaturowe w zakresie wlcowania pielgrzymowego rur bez szwu, co rozszerza zakres wiedzy na temat kształtowania plastycznego wyrobów walcowanych,
- wykazanie przydatności metod modelowania numerycznego dla określenia parametrów technologicznych przebijania na prasie wlewka, walcowania tulei z dnem na walcierce skośnej wydłużającej, walcowania rur w walcierce pielgrzymowej,

- określenie współzależności pomiędzy rozkładem intensywności odkształcenia na grubości ścianki tulei, a położeniem główki dziurującej podczas walcowania w walcarce skośnej,
- wykazanie współzależności pomiędzy kątami rozwałcowania, kątami zukosowania na rozkład odkształceń na grubości tulei walcowanej w walcarce skośnej,
- określenie kształtu końcówki kielicha, co umożliwi jego dowałcowanie i otrzymanie większej długości rury podczas walcowania pielgrzymowego.

3. Uwagi dyskusyjne

Niezależnie od moich wątpliwości dotyczących zrealizowanej pracy doktorskiej mam kilka uwag, które wymagają wyjaśnienia podczas publicznej obrony:

1. Doktorantka realizuje badania dla jednych wymiarów rury ze stali S235. Jaki jest zakres wymiarowy produkowanych rur i czy określone parametry technologiczne dla wytypowanego wymiaru rury można przenieść na inne wymiary produkowanych rur?
2. W badaniach numerycznych dla opisu reologicznego badanej stali skorzystano z bazy materiałowej zawartej w programie. Jakim równaniem opisana jest zależność naprężenia uplastyczniającego od parametrów odkształcenia i w jaki sposób została ona zweryfikowana?
3. W analizie numerycznej procesu walcowania w walcarce skośnej przyjęto wartość współczynnika tarcia w jednym przypadku równą 0,35 (str.55) a w drugim 0,15 (str.72). Jak wyjaśnić to zróżnicowanie?
4. Jak wyjaśnić konieczność zastosowania w symulacjach numerycznych dodatkowej ławy o przyjętych wymiarach, która nie występuje w rzeczywistym procesie przemysłowym podczas walcowania w skośnej walcarce wydłużającej?
5. Jak wyjaśnić brak występowania w procesie przemysłowym wymiany ciepła wsadu i osprzętu z narzędziami, a jego zastosowanie w modelowaniu numerycznym?
6. Na rys. 57 przedstawiono zależność nacisku jednostkowego od czasu wyciskania. Jak wyjaśnić nagły wzrost nacisku jednostkowego w końcowej fazie procesu wyciskania. Czy przebieg siły nacisku jest adekwatny do wymienionej zależności?
7. Analiza wpływu parametrów walcowania na rozkład intensywności odkształceń ma charakter jakościowy. Czy możliwe jest ilościowe określenie wpływu położenia główki dziurującej, kąta rozwałcowania i kąta zukosowania na wartości odkształceń na grubości ścianki, np. w odniesieniu do średniej wartości intensywności odkształcenia? Wpływ kąta rozwałcowania na średnią wartość intensywności odkształcenia jest zawarty w pracy na str. 90.

4. Wniosek końcowy

Opiniowaną rozprawę doktorską mgr inż. Jasicy Biś n.t. "Teoretyczno-doświadczalna analiza wytwarzania rur w procesie bezkielichowego walcowania metodą pielgrzymową" mimo pewnych nieścisłości oceniam pozytywnie z uwagi na walory naukowe i poznawcze, bogaty warsztat badawczy, a także duży potencjał Doktorantki do samodzielnego prowadzenia badań naukowych.

W podsumowaniu uważam, że rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu w oparciu o opracowanie technologiczne, wskazuje na ogólną wiedzę teoretyczną Doktorantki w dyscyplinie naukowej inżynieria materiałowa, Jej umiejętność do samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Zatem spełnia wymagania stawiane w ustawie z dnia 20 lipca 2018 (Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, Dz.U. Nr 2018, poz. 1668 z późn. zm.) i dlatego wnioskuję o dopuszczenie mgr inż. Jasicy Biś do publicznej obrony.

Eugeniusz Alsterik