

Dr hab. inż. Monika Madej, prof. PŚk
Politechnika Świętokrzyska w Kielcach
Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn
Katedra Eksploatacji, Technologii Laserowych
i Nanotechnologii
Al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7
27-314 Kielce

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Macieja KACZORA
pt. *Optymalizacja procesu wytwarzania ram naczep kurtynowych
w oparciu o metodę równoważenia obciążeń linii produkcyjnych*

Promotor pracy: *dr hab. inż. Anna Timofiejczuk*

Promotor pomocniczy: *dr inż. Marcin Januszka*

Podstawa opracowania: pismo Przewodniczącej Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Śląskiej prof. dr hab. inż. Ewy Majchrzak (RDIME/224/51/2022) z dnia 21.12.2022 r.

1. Uzasadnienie podjętego problemu

Postęp technologiczny, stosowanie nowych technik wytwarzania oraz optymalizacja procesów produkcyjnych wpływają na obniżenie kosztów produkcji oraz poprawę jakości wytwarzanych produktów. Duża konkurencja wymusza, aby firmy działające w branży produkcyjnej stale monitorowały i usprawniały procesy. W celu sprostania wysokim wymaganiom rynku oraz zdobyciu przewagi konkurencyjnej firmy produkcyjne stale wdrażają nowe systemy doskonalenia procesów technologicznych. Celem tych działań jest osiągnięcie maksymalnej efektywności produkcji przy zachowaniu możliwie najniższych kosztów. Optymalne zaprojektowanie poszczególnych zadań produkcyjnych pozwala na wyeliminowanie niedoskonałości, zwiększa wydajność oraz jakość produkcji. Problematyka usprawniania procesów produkcyjnych jest bardzo ważna ze względu na dążenie

przedsiębiorstw do ich skrócenia. Realizuje się to poprzez wykorzystanie nowoczesnych narzędzi we wszystkich fazach projektowania, przygotowania i produkcji wyrobów i stanowi poważne wyzwanie dla badaczy.

Problematyka badawcza recenzowanej pracy jest bardzo złożona i zgodnie z tytułem, dotyczy optymalizacji procesu wytwarzania ram do naczep kurtynowych w oparciu o metodę równoważenia obciążeń linii produkcyjnych. Wybór tematu pozwala na praktyczne wykorzystanie opracowanego rozwiązania. Biorąc pod uwagę znaczenie i potencjalny zakres tematyki podjętej w pracy przez mgr inż. Macieja Kaczora uważam wybór tematu pracy doktorskiej za bardzo trafny i uzasadniony. Recenzowana praca mieści się w dyscyplinie naukowej Inżynieria Mechaniczna (Budowa i Eksploatacja Maszyn).

2. Zakres i charakterystyka rozprawy

Rozprawa doktorska mgr inż. Macieja Kaczora przedstawiona jest na 142 stronach i zawiera różnorodny materiał ilustracyjny w postaci 74 rysunków, fotografii i wykresów oraz 25 tabel. Praca zawiera 4 rozdziały merytoryczne, spis cytowanej bibliografii, w której zamieszczono 97 pozycji literaturowych. Znaczną część cytowanych pozycji literaturowych stanowią publikacje wydane po roku 2000. Wybór literatury jest trafny i wyczerpujący. W pracy zamieszczono ponadto spis treści oraz 2 załączniki. Dysertacja zakończona jest streszczeniem w języku polskim i angielskim. Praca została bardzo starannie opracowana pod względem redakcyjnym. Ze względu na charakter wdrożeniowy dysertacja nie ma klasycznego układu, tzn. podziału na dwie zasadnicze części: teoretyczną oraz doświadczalną. Część teoretyczna i eksperymentalna wzajemnie przenikają się. Układ pracy jednak nie odbiega od typowego układu dla prac doktorskich z dyscypliny Inżynieria Mechaniczna. Doktorant na początku określa genezę wyboru tematyki badań, w kolejnym etapie, na podstawie danych literaturowych i własnych doświadczeń, określa aktualny stan wiedzy i formułuje problem badawczy, a następnie omawia opracowane jego rozwiązanie oraz wyniki weryfikacji tego rozwiązania. Tematyka niniejszej rozprawy jest nowoczesna, aktualna i potrzebna. Na podstawie analizy przedmiotowej literatury oraz danych firmy Wielton S. A. Doktorant dokonał także oceny czynników, które mają decydujący wpływ na wydajność wytwarzania ram naczep kurtynowych. Tytuł recenzowanej rozprawy koresponduje z treścią zawartą w pracy. Objętość rozprawy jest uzasadniona i wynika z potrzeby opisu przeprowadzonych analiz i rozważań. Rysunki oraz tabele zamieszczone w pracy wykonane są starannie i przejrzysto.

We wprowadzeniu - rozdział 1 - Autor rozprawy przedstawia aktualną charakterystykę rynku naczep w Polsce i w Europie oraz opis działalności firmy Wielton S.A. Następnie przedstawia genezę badań wraz z celem i zakresem rozprawy. Wiodący trend związany z rozwojem produktu jest istotą doskonalenia procesów

produkcyjnych. Doktorant zwraca uwagę na główne czynniki wpływające na zdolność wytwarzania oraz określa główne kryterium tj.: zmniejszenie czasu taktu wytwarzania ram na linii produkcyjnej i zaprojektowanie procesu w sposób umożliwiający seryjną i ustabilizowaną produkcję ram w celu zaspokojenia potrzeb klientów.

Wytyczone cele pracy sformułowane przez Doktoranta można podzielić na:

a) Cel naukowy:

„Opracowanie i wdrożenie optymalnego, ze względu na wybrane kryteria, procesu wytwarzania ram naczep kurtynowych”. Określenie optymalnego procesu zostało oparte na metodzie równoważenia obciążeń linii produkcyjnych.

b) Cel praktyczny”

„Wdrożenie w praktyce zoptymalizowanego procesu poprzez wyprodukowanie większej liczby ram do naczep standardowych w porównaniu z procesem przed optymalizacją”.

Cele pracy zostały sformułowane prawidłowo i zawierają aspekty naukowo-badawcze, dodatkowo mają charakter użyteczny.

W rozdziale 2 Doktorant przedstawił wieloaspektową analizę problemu badawczego na przykładzie firmy WIELTON S.A. Wynikało z niej, że w procesie produkcyjnym istnieje wiele obszarów, które wymagają ciągłego doskonalenia. Doktorant zwraca słuszną uwagę na „bardzo złożony problem badawczy i trudności w jego rozwiązaniu”. W tym rozdziale Autor skupił się na wewnętrzzakładowych procesach logistycznych, operacjach związanych z wytwarzaniem ram naczep oraz optymalizacją struktury zakładu produkcyjnego.

Rozdział 3 to przegląd metod optymalizacji ukierunkowanych na balansowaniu zasobami produkcyjnymi. Doktorant podjął się w nim scharakteryzowania procesu produkcji oraz jej optymalizacji w przemyśle motoryzacyjnym. Ponadto wskazuje metody balansowania produkcji oraz na wykorzystanie narzędzi komputerowego wspomaganie optymalizacji procesów produkcyjnych.

W czwartym rozdziale opisano zastosowane metody optymalizacji oraz wyniki badań weryfikacyjnych. Doktorant opisał przedmiot badań i dokonał analizy bieżącego stanu procesu produkcyjnego. Następnie opracował i zweryfikował projekt linii produkcyjnej oraz zaprezentował stan obecny procesu produkcyjnego.

Rozdział 5 stanowi podsumowanie i wnioski. Autor podkreśla w nim, że praca ma charakter wdrożeniowy i wskazuje, że główne założenia doktoratu wdrożeniowego zostały zaimplementowane w przedsiębiorstwie Wielton S. A. Podane wnioski mają charakter bardzo szczegółowy i stanowią podsumowanie najważniejszych wyników badań.

Pod względem formalnym rozprawa została opracowana poprawnie, a treść poszczególnych rozdziałów rozmieszczona jest zgodnie z postawionymi celami.

Układ pracy jest prawidłowy, przejrzysty i konsekwentny, zgodny z zasadami twórczości naukowej, a praca napisana jest poprawną polszczyzną.

3. Ocena rozprawy

Doktorant po przeprowadzeniu gruntownej analizy bieżącego stanu produkcji ram naczep, określił wydajność linii produkcyjnej na poziomie 3,3 sztuk ram na zmianę (co w trzymianowym systemie produkcyjnym umożliwiło wyprodukowanie 10 sztuk ram na dobę). Następnie założył zwiększenie wydajności do 5 sztuk na zmianę 15 sztuk ram na dobę. W efekcie nastąpił 50% wzrost liczby produkowanych ram. Aby to osiągnąć przeprowadził analizę procesu produkcyjnego pod kątem:

- sposobu organizacji linii produkcyjnej,
- czasu taktu i cyklu,
- zasobów ludzkich,
- zasobów produkcji,
- transportu podzespołów i półproduktów pomiędzy wydziałami produkcyjnymi zakładu.

Doktorant poddał dokładnej analizie każdą operację technologiczną na każdym stanowisku linii produkcyjnej (5 stanowisk). Wykorzystał metody pomiaru i analizy czasu bieżącego, zbudował model symulacyjny w środowisku Autodesk Process Analysis (ADFD) i skalibrował go pod kątem zmierzonego czasu. Następnie zbalansował linię produkcyjną z wykorzystaniem metody Yamazumi, zweryfikował numerycznie projekt linii z użyciem ADFD i poprzez pomiar czasu. Opracował także autorską koncepcję linii produkcyjnej zakładającej zmniejszenie liczby operacji na stanowiskach. W wyniku tego uzyskał kompleksowy model 3D CAD kompletnej linii produkcyjnej. Doktorant zaproponował wydłużenie linii produkcyjnej C5 o jedno stanowisko (przygotowania i wykonania spoin). Zabieg ten umożliwił przesunięcie operacji technologicznych z innych stanowisk, a zbalansowana linia produkcyjna C5 po modernizacji obejmowała 6 stanowisk, na których realizowane są następujące operacje technologiczne:

- składanie i szepianie ramy w przyrządzie - stanowisko 1,
- montaż i wstępne spawanie - stanowisko 2,
- zrobotyzowane spawanie Panasonic - stanowisko 3,
- zrobotyzowane spawanie ABB – stanowisko 4,
- spawanie ręczne - stanowisko 5,
- spawanie ręczne - stanowisko 6,

Rezultatem było wytworzenie ramy naczepy kurtynowej M4 w założonym czasie taktu. Poprzez usprawnienia procesu produkcji przygotowania komponentów i procesu przepływu materiałów oraz zrównoważenie obciążenia stanowisk produkcyjnych zostały osiągnięte założone cele.

Doktorant wykonał pracę badawczą wraz z wielowątkową analizą, wymagającą doświadczenia i samodyscypliny przy jej realizacji. Dysertacja dotyczy aktualnej wiedzy i w wielu miejscach wnosi nowe treści o znaczących walorach poznawczych i użytkowych. Całość przeprowadzonych badań została wykonana i opracowana na bardzo wysokim poziomie. Przedstawiona do recenzji praca doktorska przedstawiona jest wartościowym opracowaniem naukowym i zawiera wnioski badawcze, które mają znaczenie aplikacyjne.

4. Uwagi ogólne i dyskusyjne

W tej części recenzji zaprezentuję uwagi o charakterze ogólnym i dyskusyjnym.

- W rozdziale 3 Doktorant dokonał przeglądu metod optymalizacji w oparciu o zasoby literatury polskiej i światowej. Jednak pewien niedosyt budzi brak podsumowania tego rozdziału oraz głębszej analizy w kontekście wyboru zastosowanej metody optymalizacji.
- Również w pozostałych rozdziałach krótkie zamieszczenie podsumowania umożliwiłoby zwięzłe zsyntezowanie rozdziału i połączenia z tematyką kolejnych rozdziałów pracy.

Pewne zagadnienia poruszane w rozprawie wymagają uszczegółowienia, dlatego też proszę aby podczas publicznej obrony Autor odniósł się do następujących kwestii:

- Jakie były przesłanki wybrania przez Pana metody równoważenia obciążeń produkcyjnych? Jakie są ograniczenia tej metody w kontekście tematyki pracy?
- Jakie jeszcze inne metody, oprócz wspomnianej powyżej, można byłoby wykorzystać do optymalizacji procesu wytwarzania ram naczep kurtynowych?
- Czy zaproponowana koncepcja optymalizacji może być zaimplementowana dla przedsiębiorstw produkcyjnych z innych działów sektora C, a może też innych sektorów niż sektor C według PKD?

Przedstawione w niniejszej recenzji uwagi mają charakter dyskusyjny i nie podważają mojej ogólnej pozytywnej oceny rozprawy.

5. Wniosek końcowy

Podjęty przez Doktoranta temat jest ważny dla nauki w zakresie inżynierii mechanicznej, ze szczególnym uwzględnieniem zagadnień optymalizacji procesów produkcyjnych. Recenzowana rozprawa posiada logiczną i spójną konstrukcję, typową dla prac naukowych. Mgr inż. Maciej Kaczor w rozprawie potwierdza znajomość literatury przedmiotu i problematyki dotyczącej optymalizacji procesu produkcyjnego. Wiedzę tę właściwie potrafi wykorzystać podczas realizacji badań własnych. Doktorant

zaplanował i przeprowadził plan badawczy, a postawione w pracy cele zrealizował oraz przyczynił się do ich wdrożenia w firmie Wielton S. A. Polska.

Po zapoznaniu się z pracą mgr inż. Macieja Kaczora pt. Optymalizacja procesu wytwarzania ram naczep kurtynowych w oparciu o metodę równoważenia obciążeń linii produkcyjnych stwierdzam, że spełnia ona wymagania stawiane przez stosowne ustawy (Ustawa z dnia 14 marca 2003 r., tekst ujednolicony z dnia 29 września 2014 r. wraz z Rozporządzeniem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 20 września 2018 r., a także Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce). Dlatego stawiam wniosek do Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Śląskiej o dopuszczenie Pana mgr inż. Macieja Kaczora do publicznej obrony. Ponadto opiniowana rozprawa doktorska posiada oryginalne cechy nowości, a także istotne walory użyteczne. W mojej ocenie rozprawa doktorska mgr inż. Macieja Kaczora zasługuje na wyróżnienie.

mnady

Kielce, 16 marca 2023 roku