

Prof. dr hab. inż. Stanisław Adamczak, dr h.c.  
Katedra Metrologii i Niekonwencjonalnych Metod Wytwarzania  
Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn  
Politechniki Świętokrzyskiej

**Opinia o rozprawie doktorskiej mgr inż. Adama Krępy  
pt. „Zastosowanie wybranych narzędzi Lean Manufacturing w doskonaleniu zarządzania  
procesem skrawania odlewów tłoków samochodowych”.**

Promotor rozprawy dr hab. inż. Jarosław Piątkowski, prof. PŚ  
Podstawa opracowania recenzji: zlecenie Przewodniczącej Rady Dyscypliny Inżynierii Mechanicznej Politechniki Śląskiej.

**1. Zakres i cel rozprawy**

Przedstawiona do recenzji rozprawa składa się z 7 rozdziałów i zawiera 160 stron, w tym spis literatury i załączniki. W pracy tej należy wyodrębnić 2 główne części:

Cześć I - obejmuje wprowadzenie do zagadnienia i omówienie istniejącego stanu wiedzy ze szczególnym uwzględnieniem genezy powstania koncepcji Lean Manufacturing (LM), stosowane definicje koncepcji LM, przedstawienie stosowanych metod i narzędzi LM, omówienie problemu stosowania LM w przemyśle motoryzacyjnym, transformację z Przemysłu 3.0 do poziomu 4.0. Część pracy zawiera podsumowanie ogólnego stanu wiedzy, która nie jest częścią teoretyczną, a typową praktyczną. To podsumowanie było przyczynkiem do przeprowadzonych badań wstępnych będącym ustaleniem aktualnej technologii stosowanej w Federal-Mogul Gorzyce. Te badania były podstawą do sformułowania celu i tezy pracy, które te ważne elementy zostały w sposób poprawny i zdecydowany przedstawione oraz szczegółowo omówione.

Część II – zawiera własne osiągnięcia doktoranta, która dotyczy omówienia koncepcji pracy z przedstawieniem miejsca i obiektu badań zasadniczych zawierających mapowanie strumienia wartości VSM uwzględniające trzy etapy. Podsumowaniem przeprowadzonych prac eksperymentalnych są sformułowane wnioski końcowe oraz propozycje dalszych badań dotyczących tej koncepcji.

W końcowej części pracy jest przedstawiony wykaz literatury, który chciałbym podsumować własnymi spostrzeżeniami. W przedstawionych rozprawach naukowych daje się zauważyć dwa sposoby podawania cytowanej literatury:

1. Obszerny, który obejmuje oprócz literatury bezpośrednio związanej z prezentowaną problematyką również takie pozycje bibliograficzne, które dotyczą całego obszaru koncepcji LM,
2. Skrócony, który obejmuje tylko literaturę, która dotyczy ściśle określonych problemów niezbędnych do ustalenia aktualnego stanu wiedzy.

Osobiście jestem zwolennikiem tego pierwszego sposobu, częściej stosowanego przez autorów rozpraw, który umożliwia czytelnikowi szerszego spectrum naukowych problemów przedstawionych przez Autora, uwzględniającego dodatkowo wydane podręczniki i normy.

W opiniowanej pracy Autor posłużył się drugim wariantem, na podstawie którego mogę stwierdzić, że dokonano wnikliwej analizy tematu.

Również występują dwie koncepcje przedstawienia kolejności cytowanej literatury biorąc pod uwagę autorów uszeregowanych wg alfabetu i wg kolejności cytowań.

Jak wykazuje praktyka, w opracowaniach naukowych, stosowana jest głównie pierwsza koncepcja, która pozwala na kompleksową ocenę wkładu poszczególnych autorów do opracowanego stanu aktualnego wiedzy. Natomiast druga jest powszechnie stosowana w skróconych opracowaniach naukowych np. w artykułach.

Autor zastosował drugi wariant, który sprawił, że recenzent ma w ograniczonym zakresie ocenę wykorzystanej literatury, a taka analiza wymaga większego wysiłku czasowego.

**Jednak uważam, że Autor dokonał bardzo wnikliwej analizy literatury dotyczącej zrealizowanej problematyki, która głównie dotyczy autorów zagranicznych, co silnie umocowuje dokonane opracowanie. Przedstawienie wnikliwego, aktualnego stanu wiedzy jest materiałem obszernym o dużej wartości poznawczej i o dużym znaczeniu edukacyjnym, który kompleksowo omawia w różnych aspektach wykorzystanie nowej, nieznannej powszechnie koncepcji Lean Manufacturing. Na podstawie tej analizy literatury poprawnie sformułował wnioski będące podstawą do przyjęcia celu i zakresu podjętych własnych badań.**

## **2. Uzasadnienie sformułowania tematu rozprawy i podjęcia rozstrzygniętych problemów**

Podjęty cel badań wynikający z dokładnego aktualnego stanu wiedzy był podstawą sformułowania tematu rozprawy doktorskiej. Posiadając pewną wiedzę i doświadczenie w realizacji pracy doktorskiej mogę wypowiedzieć się o sformułowaniu tematu recenzowanej dysertacji. Przedstawienie w temacie terminu angielskiego „Lean Manufacturing” jest trudny do zaakceptowania. Nasz język polski jest na tyle rozbudowany, że w zrealizowanej pracy należałoby znaleźć polską nazwę, a w nawiasie przedstawić angielską. Czyżby to kolejna sytuacja wprowadzenia terminu angielskiego w Polsce, który dla przeciętnego czytelnika niewiele wnosi. Przecież prace doktorskie mają również charakter promocyjny i upowszechniający wiedzę, która w pierwszym kontakcie z przedstawioną pracą, może niewiele wyjaśniać. Historycznie ujmując, polska technika na przełomie XIX i XX wieku poradziła sobie doskonale stosując konsekwentnie polskie terminy pomimo, że napływ niemieckich pojęć był bardzo intensywny.

Uzasadnienie podjęcia tematu rozprawy wynika z tego, że we współczesnej technice istotnym problemem jest zagadnienie produkcji i eksploatacji pojazdów mechanicznych wyposażonych w silniki spalinowe. Jak wykazuje praktyka przemysłowa i doświadczenia użytkowników silników spalinowych podstawowym ich elementem jest tłok, a od jego jakości jest uzależniona trwałość i prawidłowe jej funkcjonowanie.

Dlatego przedstawiony przez Autora cel pracy nowej koncepcji podjętych kierunków zmian organizacyjnych linii do obróbki mechanicznej odlewów tłoków, który umożliwia zmniejszenia zużycia energii elektrycznej, sprężonego powietrza i wody, jest jak najbardziej uzasadniony. Jak wykazuje dotychczasowa praktyka

w obszarze produkcji tłoków silników spalinowych istnieją duże możliwości zmian stosowanych procesów technologicznych. Każda firma produkująca tłoki posiada własne koncepcje ich wytwarzania, które powinny być stale poprawiane, aby zwiększyć ilość produkowanych wyrobów przy obniżaniu kosztów produkcji. Jednak jak wykazuje dotychczasowe doświadczenie obecnie stosowane procesy produkcyjne wyposażone w wysokiej jakości środki produkcyjne tj. obrabiarki, narzędzia obróbkowe, uchwyty i środki kontroli wymagają stałego ulepszania tak, aby ilość nieprawidłowo wyprodukowanych wyrobów była zminimalizowana, przy minimalnym zużyciu środków produkcji i przy możliwie niezbyt wysokim zużyciu mediów produkcyjnych, tak aby zminimalizować tzw. ślad węglowy.

Pomimo, że produkcja tłoków jest odpowiednio dopracowana, to jak się okazuje występują duże rezerwy w jej poprawie. Wielce pozytywnym objawem jest to, że główny decydent Federal-Mogul Gorzyce - Prezes Zarządu Spółki Akcyjnej - podjął się pracy naukowej wykorzystując swoją wiedzę i dużą praktykę wyrażonej w opiniowanym doktoracie wdrożeniowym, której efektem jest zastosowany system Lean Manufacturing.

**Z tego względu uważam, że przyjęty cel badań odnośnie zastosowania koncepcji LM w procesie produkcji tłoków jest jak najbardziej uzasadniony. Wynika to z faktu, że każda metoda poprawy wytwarzania tłoków jest bardzo użyteczna i może być przydatna w produkcji.**

### **3. Główne osiągnięcia dysertacji i uwagi krytyczne.**

Pod względem merytorycznym opiniowanej rozprawy doktorskiej dają się wyróżnić niżej podane konkretne, pozytywne osiągnięcia:

- dokonanie analizy podstawowego stanu wiedzy o stosowanej koncepcji Lean Manufacturing głównie w oparciu o literaturę zagraniczną, który był podstawą sformułowania celu i tezy pracy doktorskiej,
- przeprowadzenie badań wstępnych, których efektem było bardzo wnikliwe ustalenie celów i tezy pracy. (Pragnę zauważyć, że tego typu badania są rzadkością w przedstawionych pracach doktorskich. Ich przeprowadzenie świadczy o dużym doświadczeniu Autora i o bardzo odpowiedzialnym podejściu do podjętych zadań naukowych),
- opracowanie koncepcji pracy zawierającej plan badań, omówienie miejsca i obiektu badań,
- przeprowadzenie badań zasadniczych poprzez:
  - a) opracowanie mapowania strumieni wartości (VSM) linii obróbkowej poprzez przedstawienie 3 etapów,
  - b) doprowadzenie do zmniejszenia liczby operatorów koniecznych do obsługi linii produkcyjnej,
  - c) dokonanie usunięcia w procesie badań kontrolnych (ten zabieg dla Autora recenzji jest dyskusyjny),
  - d) koncepcja zastąpienia papierowych kart X-R – elektronicznymi w oparciu o system SPC,
  - e) przeprowadzenie zastąpienia urządzeń US1D na US2D, odnoszących się do międzyoperacyjnej operacji kontroli jakości odlewów,
  - f) wprowadzenie elektronicznej wizualizacji przebiegu procesów obróbki skrawaniem,
  - g) redukcja czasu cykli maszyn na linii DL9,
  - h) sprawdzenie poziomu drgań obrabiarek na linii DL9,
  - i) wprowadzenie spersonalizowanego systemu ANDON do nadzoru procesu obróbki mechanicznej tłoków
  - j) elektroniczne zbieranie danych dotyczących zużycia mediów technicznych oraz podjęcie działań zmierzających do zmniejszenia ich wykorzystania.

**Pragnę zauważyć, że te wszystkie osiągnięcia zostały skrupulatnie i wnikliwie uzasadnione na podstawie szerokich badań, całkowicie udokumentowanych wykresami, kartami produkcyjnymi, harmonogramami itp.**

Oceniając pozytywnie recenzowaną pracę chciałbym przedstawić kilka uwag polemicznych i krytycznych:

1. Odnośnie sformułowanego tematu pracy wypowiedziałem się w pierwszej części recenzji. Proszę o komentarz w tej sprawie,
2. Odnośnie transformacji przemysłu 3.0 do poziomu 4.0 mam odmienną wiedzę na ten temat. Uwzględniając wiedzę z historii techniki można ustalić:

Przemysł 1.0 – to wprowadzenie maszyny parowej (James Watt 1765 rok)

Przemysł 2.0 – to linia montażowa, wprowadzenie układu tolerancji pasować w celu zapewnienia zasady zamienności części maszyn (Olds, 1901, Ford 1913)

Przemysł 3.0 – to automatyzacja i robotyzacja procesów technologicznych (Devol Endelberger 1961)

Przemysł 4.0 – to komputeryzacja procesów technologicznych (obrabiarki CNC, systemy CAD-Sutherland 1963, CAM-Bezier 1971, itp.)

Przemysł 5.0 – to wykorzystanie sztucznej inteligencji do analizy („chmury” danych pomiarowych) wynikających z produkcji. (Rosenblatt 1957)

Proszę o ustosunkowanie się do przedstawionych moich ustaleń w stosunku do przedstawionych w rozdziale rozprawy 1.5.

3. Opracowana przez Autora koncepcja Lean Manufacturing nie obejmuje kontroli poszczególnych wymiarów i sposobów wykorzystania odpowiednich systemów pomiarowych, bo przecież tłok jest bardzo skomplikowanym wyrobem pod względem konstrukcji. Opracowana konstrukcja tłoka przedstawia od 70 do 120 tolerowanych wymiarów odchyłek wymiarowych i kształtu oraz falistości i chropowatości powierzchni w ramach powszechnie stosowanego systemu GPS. Czyżby w tym obszarze nie ma problemów, które usprawniłyby proces technologiczny?
4. Istotnym zagadnieniem w procesie produkcji gotowych wyrobów w części maszyn jest stan dynamiczny układu OPNU, głównie stosowanych obrabiarek, bo przecież od tego stanu zależy jakość użytkowych powierzchni, głównie falistości. To zagadnienie jest we współczesnej technice szeroko rozpracowane. W perspektywie przedstawionych problemów w rozdziale 5.8. należy to zagadnienie w przyszłości zdecydowanie rozszerzyć.
5. Opiniowana praca dotyczy problemów technologicznych produkcji tłoków na etapach od odlewu do obróbki skrawaniem. Wydaje się, że istotą problemów jest tzw. dziedziczność technologiczna charakteryzująca się tym, że niektóre składniki stanu powierzchni np. błędy kształtu, mogą się skutecznie przenosić na kolejne etapy obróbki skrawaniem tak, że ich stan na etapie odlewów może być decydujący.

**Należy stwierdzić, że przedstawione uwagi polemiczne i krytyczne nie umniejszają wartości ocenianej pracy, mogą być one uzupełnieniem realizowanych dalszych prac badawczych. Mogą być również zaliczone przez Autora, jako kierunki dalszych prac.**

#### 4. Ocena końcowa pracy

Analizując opiniowaną dysertację stwierdzam, że ta kompleksowa jej ocena jest więcej niż pozytywna. Na taką ocenę składają się niżej podane stwierdzenia:

1. Zaopiniowana rozprawa doktorska dotyczy ważnych problemów odnoszących się do produkcji tłoków, które należą do podstawowych elementów silnika spalinowego,
2. Badania zostały przeprowadzone poprawnie pod względem metodologicznym, a wnioski wynikające z tych badań zostały właściwie sformułowane, a także z tego względu, że zostały poprzedzone badaniami wstępnymi,
3. Praca wnosi szereg nowości z zakresu przystosowania koncepcji Lean Manufacturing do poprawy procesów technologicznych uzyskania tłoków silników spalinowych,
4. Wyniki przeprowadzonych badań mogą mieć duże znaczenie użytkowe, gdyż będzie można dodatkowo monitorować przebieg procesu technologicznego, co umożliwi zmniejszenie zużycia energii elektrycznej, sprężonego powietrza i wody.
5. Praca może być wzorcem dla doktoratów wdrożeniowych, gdyż została przeprowadzona w warunkach produkcji, a efektem tego jest podniesienie poziomu technologii.

Autor pracy wykazał się także :

- bogatą wiedzą w zakresie zastosowania koncepcji Lean Manufacturing,
- umiejętnością korzystania z literatury naukowej i technicznej,
- umiejętnością opracowania właściwego programu badawczego i przyjęciem właściwej metody badań eksperymentalnych, przeprowadzonych w warunkach produkcyjnych,
- szeroką umiejętnością znajomości procesów technologicznych w produkcji tłoków, co jest potwierdzeniem wyjątkowej osobowości doktoranta, który jest głównym decydentem znanego, wyróżniającego się podmiotu gospodarczego należącego do czołowych, w globalnym, międzynarodowym koncernie.

Na podstawie powyższych stwierdzeń wyrażam opinię, że praca doktorska pt. „Zastosowanie wybranych narzędzi Lean Manufacturing w doskonaleniu zarządzania procesem skrawania odlewów tłoków samochodowych” spełnia wymagania stawiane pracą doktorskim zawartych w dokumentach ustawowych o stopniach i tytułach naukowych i wnoszę o dopuszczenie Pana mgr inż. Adama Krępy do publicznej obrony.

Wnoszę również o wyróżnienie opiniowanej rozprawy doktorskiej.

*St. Adam*