

Warszawa, 26.08.2019

Prof. dr hab. inż. Marcin Perzyk
Wydział Inżynierii Produkcji
Politechnika Warszawska
Narbutta 85, 02-524 Warszawa
Tel.: 509093935
E-mail: mperzyk@wip.pw.edu.pl

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. **Roberta Żuczka**

p.t. „Kształtowanie odlewu elementu zawieszenia ze strefami o odmiennych funkcjach celu”

1. Tematyka rozprawy

Recenzowana praca doktorska poświęcona jest ważnemu zagadnieniu optymalizacji konstrukcji elementów maszyn z punktu widzenia jednoczesnego spełniania przez nie wielu specyficznych wymagań funkcjonalnych. Jest to praca o charakterze wybitnie projektowym, jednak w trakcie jej realizacji niezbędne było rozwiązanie problemu naukowego, co kwalifikuje ją jako spełniającą wymogi stawiane rozprawom doktorskim.

Przedmiotem projektu są kluczowe elementy zawieszenia pojazdu specjalnego, a mianowicie wahacze górne i dolne, zaś zadaniem Autora była fundamentalna zmiana konstrukcji wahaczy obecnie stosowanych w tym pojeździe. Założeniem było zastąpienie konstrukcji spawanych z prefabrykowanych elementów stalowych odlewami z różnych materiałów. Prace obejmowały pełny cykl rozwoju produktu, od koncepcji do sprawdzenia prototypów, zakończonego pełnym sukcesem. Tego typu podejście odpowiada współczesnym tendencjom w projektowaniu części jako tzw. konstrukcji zintegrowanych, w postaci odlewów, czyli elementów wykorzystujących swobodę kształtowania geometrii części wynikającą z samej zasady nadawania kształtu w stanie ciekłym. W powiązaniu z technologiami pozwalającymi na uzyskiwanie wysokich własności wytrzymałościowych

różnych stopów odlewniczych, w tym zwłaszcza procesami obróbki cieplnej, uzyskuje się możliwość zredukowania masy wyrobu, a także uzyskania wyższych, w porównaniu do konstrukcji spawanych, niektórych własności mechanicznych elementu, takich jak sztywność i wytrzymałość zmęczeniowa. Jeżeli dodamy do tego współczesne metody szybkiego prototypowania, umożliwiające ekonomiczne wykonywanie odlewów także w krótkich seriach (bez kosztownego oprzyrządowania), to uzyskamy bezsporne potwierdzenie celowości i znaczenia podjęcia rozwiązania problemu stanowiącego przedmiot recenzowanej rozprawy.

2. Najważniejsze zalety i osiągnięcia pracy

Praca doktorska pana mgr inż. Roberta Żuczka stanowi zdaniem recenzenta znaczące osiągnięcie techniczne i naukowe. Najważniejsze jej cechy, stanowiące podstawę tego stwierdzenia, wymieniono poniżej.

- Zastosowanie metodyki projektowania zintegrowanego, obejmującego wielowariantową koncepcję rozwiązania, zagadnienia doboru typu i gatunku materiału i optymalizacji jego składu chemicznego oraz parametrów obróbki cieplnej, optymalizację geometrii części oraz wybór rodzaju i wielowariantowe zaprojektowanie procesu technologicznego wykonania odlewu.
- Uwzględnienie kilku różnych, złożonych warunków stawianych konstrukcji, w tym związanych z oddziaływaniem wybuchowej fali uderzeniowej. Zastosowanie na tego typu elementy części odlewanych, o zróżnicowanych własnościach w różnych obszarach projektowanych elementów, jest znaczącym wyzwaniem, jakie podjął Autor rozprawy.
- Zastosowanie nowoczesnych narzędzi wspomagających projektowanie w postaci dwóch zaawansowanych programów symulacyjnych, a także zaawansowanych pomocy w wyborze materiału.
- Wybór nietypowego typu materiału odlewane oraz przeprowadzenie badań naukowych, w tym doświadczalnych, w celu ustalenia jego optymalnego składu chemicznego oraz parametrów obróbki cieplnej.

- Bardzo przemyślane, wszechstronne badania prototypów zaprojektowanych wahaczy, obejmujące eksperymenty prowadzone w laboratorium oraz na terenowym poligonie doświadczalnym.

3. Krytyczna ocena rozprawy

Lektura pracy ujawnia, zdaniem recenzenta, kilka jej mankamentów oraz nasuwa pewne stwierdzenia dyskusyjne, wymienione poniżej.

1. Brak określenia celu naukowego, poznawczego pracy. Praca naukowa powinna mieć na celu wzbogacenie wiedzy w określonym obszarze, przy czym w dziedzinie nauk przyrodniczych, w tym technicznych polega ono na wykryciu pewnych prawidłowości, pozwalających na wartościowe uogólnienia i umożliwiającym zastosowanie uzyskanych wyników przez innych badaczy i praktyków.

2. Brak wprowadzenia pojęcia i pokazania podejścia projektowania równoległego (współbieżnego), gdzie chodzi nie tylko o integrację obszarów działań projektowych (takich jak wymagania funkcjonalne, materiały, technologia, klient), ale także o ewoluowanie projektu w czasie, począwszy od decyzji ogólnych do coraz bardziej szczegółowych, zakończonych końcowym projektem.

3. Autor pisze, że *„Prawidłowo zaprojektowana konstrukcja powinna spełniać kilka, sformułowanych ogólnie, zasadniczych wymagań (ograniczeń nakładanych w procesie projektowania) odnośnie [48,49]”*. Uważam, że oparcie się tylko na tych pracach w tak ogólnym sformułowaniu jest niewystarczające. Brak tutaj na przykład odniesienia się do fundamentalnych prac z teorii konstrukcji, np. słynnych dwóch aksjomatów prof. Nam-pyo Suha.

4. Brak uwzględnienia wytrzymałości zmęczeniowej części, zarówno przy doborze materiału jak i w obliczeniach wytrzymałościowych. Wytrzymałość zmęczeniowa jest jednym z głównych aspektów branych pod uwagę przy konstrukcji elementów zawieszenia pojazdów i jej zupełne pominięcie w pracy, bez merytorycznego uzasadnienia, stanowi niewątpliwie jej dość istotną wadę.

5. Przy doborze optymalnych materiałów oparto się na wartościach wskaźników funkcjonalności (indeksach materiału) w postaci prostych stosunków dwóch własności fizycznych (np. modułu sprężystości podłużnej E czy wytrzymałości na rozciąganie do gęstości materiału). Takie podejście jest słuszne tylko dla prostego jednoosiowego stanu obciążenia. Zgodnie z pracami M. Ashby'ego, wskaźniki takie (odpowiadające nachyleniom linii przewodnich na jego słynnych wykresach przeznaczonych do doboru materiału) zależą od kształtu i sposobu obciążenia elementu. Byłoby pożądane, aby po przeanalizowaniu tych właśnie aspektów projektowanej konstrukcji uwzględnić także te wskaźniki, lub skomentować ich nieadekwatność dla projektowanego elementu.

6. Brak wyjaśnienia, skąd biorą się w niektórych obszarach niezerowe wartości naprężeń normalnych w kierunku osi z , czyli prostopadłej do powierzchni, która co do zasady w projektowanej konstrukcji jest powierzchnią swobodną (rys. 6.20).

7. Brak uzasadnienia przyjęcia zewnętrznych średnic wahaczy odlewanych w wersji rurowej dla obu materiałów. Nie podano, czy był np. uwzględniany sposób ich obciążenia oraz oba warunki, tj. sztywności i wytrzymałości. Dla wahacza żeliwnego otrzymano znaczne przekroczenie naprężeń dopuszczalnych, co byłoby dość oczywistą konsekwencją braku uwzględnienia przynajmniej niektórych z tych czynników.

8. W pracy zabrakło skomentowania faktu, że spośród pięciu potencjalnych stref destrukcji pokazanych na rys. 7.3 tylko jedna znalazła potwierdzenie w obliczeniach symulacyjnych (rys. 7.8). Jeśli tak, to być może pozostałe są niepotrzebne i ich likwidacja mogłaby uprościć konstrukcję? Ponadto geometrie pokazane na obu rysunkach nie są identyczne (na rys. 7.8 brak jest jednego z okienek).

9. Rozprawa zawiera pewną liczbę usterek redakcyjnych, wśród których znalazły się następujące pomyłki i niedopatrzenia:

- błędne numeracje rysunków (rysunki 6.18 i 6.19 pojawiają się po rys. 6.21);
- na rys. 6.26 (odwołanie na str. 90) nie ma tego, o czym pisze autor;
- pozycja literatury [74] cytowana w podpisie rys. 7.1 nie dotyczy tematyki wybuchowej fali uderzeniowej;
- brak odwołania się w tekście do rys. 3.2;

- pisząc: „Wykorzystanie modeli zintegrowanego projektowania wymusza jednak od użytkowników stosowania systemów symulacyjnych o bardzo wysokim poziomie dojrzałości technicznej, ciągłego kształcenia inżynierów różnych branż w zakresie stosowania tego typu rozwiązań oraz przekonania producentów komponentów konstrukcyjnych do wdrażania ich w swoich przedsiębiorstwach, głównie dzięki realnym projektom aplikacyjnym [40]”, Autor chyba trochę przecenił tę moją publikację, bo niczego takiego tam nie ma.

Wymienione powyżej uwagi krytyczne nie deprecjonują wymienionych wcześniej zasadniczych osiągnięć rozprawy. Recenzent ma nadzieję, że mogą one stanowić inspirację i pomoc dla dalszej działalności zawodowej i naukowej Autora.

4. Podsumowanie recenzji i wniosek końcowy

Recenzowana rozprawa stanowi niewątpliwie cenne rozwiązanie problemu projektowego oraz naukowego, w którym zastosowano nowoczesne metody badawcze i przeprowadzono analizy na dobrym poziomie merytorycznym. Dzięki uzyskanym w niej wynikom wiemy, że możliwe jest zaprojektowanie odlewanych elementów maszynowych spełniających kilka istotnie zróżnicowanych wymagań funkcjonalnych, w tym także bardzo nietypowych, związanych z ich reakcją na działanie fali uderzeniowej wywołanej wybuchem.

Biorąc powyższe pod uwagę, jak również fakt, iż doktorant wykazał należyłą wiedzę teoretyczną z zakresu reprezentowanej przez siebie dyscypliny naukowej oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia prac badawczych uważam, że rozprawa doktorska pana mgr inż. Roberta Żuczka spełnia wymagania ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 roku z późniejszymi zmianami. Wnioskuje zatem o przyjęcie rozprawy oraz dopuszczenie jej do publicznej obrony.