

Dr hab. inż. Wiktor Kubiński prof. AGH  
Akademia Górniczo-Hutnicza  
im. Stanisława Staszica  
w Krakowie  
Wydział Zarządzania



## RECENZJA

pracy doktorskiej Mgr inż. Macieja BOLDYSA pod tytułem

„OCENA WŁAŚCIWOŚCI UŻYTKOWYCH RAM POJAZDÓW CIĘŻAROWYCH NA  
PODSTAWIE WYBRANYCH WŁASNOŚCI MATERIAŁÓW KONSTRUKCYJNYCH”

Podstawą wykonania recenzji jest zlecenie wystawione przez Dziekana Wydziału Transportu Politechniki Śląskiej w Gliwicach na podstawie Uchwały Rady Wydziału Transportu nr 6/2011/2012 z dnia 8 grudnia 2011 r.

### 1. UWAGI OGÓLNE

Recenzowana praca dotyczy ważkiego z punktu widzenia budowy i eksploatacji pojazdów samochodowych problemu sterowania właściwościami ich konstrukcji poprzez dobór odpowiedniego materiału na ich wykonanie. Zastosowanie odpowiedniego materiału konstrukcyjnego w połączeniu z możliwością wykorzystania różnych rozwiązań konstrukcyjnych, w efekcie powinno zagwarantować właściwe cechy użytkowe i trwałość wyrobu. Jednym z elementów pojazdów samochodowych ciężarowych, od których oczekuje się najwyższej jakości technologicznej i użytkowej, są ich ramy nośne. W technologii wytwarzania ram samochodów ciężarowych wykorzystuje coraz częściej specjalne kształtowniki gięte na zimno łączone poprzez skręcanie. Proces ten, choć znany i stosowany od bardzo dawna, może być unowocześniony dzięki zastosowaniu kształtowników specjalnych wytwarzanych z lepszych materiałów konstrukcyjnych. Temu zagadnieniu poświęcona jest praca doktorska magistra inżyniera Macieja Boldysa, którą wykonał pod opieką naukową dr hab. inż. Jana Łukowskiego prof. Pol. Śl.

Celem podjętej przez Doktoranta pracy było opracowanie metody weryfikacji stali specjalnych przeznaczonych na elementy konstrukcyjne ram samochodów ciężarowych. Istotnym elementem pracy jest powiązanie rozwiązań konstrukcyjnych ram samochodowych z nowoczesnymi materiałami konstrukcyjnymi, co jest niepodważalnym efektem merytorycznym recenzowanej pracy.

Znaczący wkład w rozwój zastosowań nowych gatunków stali na elementy dla motoryzacji wniósł projekt badawczy ULSAB (Ultra Light Steel AutoBody). Aktualnie realizowany jest program ULSAB-AVC (Advanced Vehicle Concepts), który stanowi ofertę światowego przemysłu stalowego oraz wezwanie dla projektantów i producentów do zwiększenia sprawności samochodów, przez poprawę bezpieczeństwa i niezawodności samochodów. Efekty prac wykonanych w tym projekcie są równie ważne dla projektantów i producentów samochodów, jak również dla wytwórców blach dla motoryzacji. Nowoczesne stale pozwalają na uzyskanie lżejszych konstrukcji w połączeniu z istotnymi zaletami stali, wynikającymi z jej doskonałych właściwości technologicznych i wytrzymałościowych, przy stosunkowo niskiej cenie i możliwości jej pełnego nie skomplikowanego recyklingu, co jest istotnym walorem ekologicznym stali. Metale i ich stopy, a w szczególności stal, należą do najbardziej ekologicznych i przyszłościowych tworzyw konstrukcyjnych.

Te wszystkie cechy uzasadniają zajęcie się przez mgr inż. Macieja Boldysa możliwością wykorzystania stali wysokowytrzymałych jako tworzywa konstrukcyjnego do budowy ram nośnych pojazdów. O wartości pracy świadczy również chęć zmierzenia się z konkretnym problemem technicznym i technologicznym.

## 2. OCENA PRACY

Recenzowana praca jest starannie wykonana pod względem edytorskim, zasadniczo zachowuje klasyczny układ rozpraw doktorskich. Autor w rozbudowany sposób przedstawia stan zagadnienia, skupiając się nie tylko na problematyce nowoczesnych tworzyw konstrukcyjnych, ale analizuje też czynniki wpływające na trwałość ram nośnych i na ich podstawowe cechy eksploatacyjne.

Przedstawiona mi do recenzowania praca doktorska składa się z ośmiu rozdziałów, zawartych na 112 stronach. Spis literatury zawiera 120 cytowanych pozycji, głównie z ostatnich 10 lat.

Rozdział 1, zawarty na 2 stronach, stanowi krótkie wprowadzenie oparte o analizę literatury dotyczącej materiałów na konstrukcje samochodów.

W rozdziale 2, zawartym na 18 stronach, Autor w zwięzły sposób przedstawia stan zagadnienia, skupiając się nie tylko na problematyce stali wysokowytrzymałych, ale też przedstawia osiągnięcia praktyki w kwestii technologii budowy ram pojazdów ciężarowych. Na podkreślenie zasługuje tutaj przejrzysty i właściwie wyważony układ treści, opracowany z wykorzystaniem najnowszej literatury technicznej. Rozdział ten świadczy również o głębokiej znajomości tej problematyki przez Doktoranta.

W rozdziale 3 na 2 stronach Doktorant przedstawił cel i zakres pracy oraz tezę naukową. Głównym celem pracy doktorskiej magistra inżyniera Macieja Boldysa było opracowanie naukowo uzasadnionych podstaw, wykorzystujących nowoczesne narzędzia symulacji komputerowej, do racjonalnie uzasadnionego stosowania materiałów konstrukcyjnych o innych właściwościach, w miejsce tradycyjnie stosowanych, przyjmując jako kryterium wzrost nośności pojazdu. Konkretnie, Autor badał możliwość stosowania stali wysokowytrzymałych w miejsce dotychczas stosowanych.

Doktorant sformułował następującą tezę naukową: *„ustalenie wpływu podstawowych wskaźników własności stali, tj. granicy plastyczności i współczynnika Poissona, na kompleksową wytrzymałość struktury ram samochodowych pozwoli na określenie rzeczywistej efektywności wynikającej ze wzrostu nośności użytkowej i spadku masy własnej przy zastosowaniu stali wysokowytrzymałych”*.

Wykazanie słuszności postawionej tezy naukowej wymagało wykonania przez doktoranta szerokich badań i analiz problemu, zarówno od strony technologicznej, jak i metod modelowania.

W rozdziale 4 (2 strony) Autor krótko przedstawił program badań wykonywanych w trakcie realizacji tematu pracy. Badania podzielił na wstępne i zasadnicze.

W rozdziale 5 (18 stron) przedstawił szerokie spektrum wyników badań wstępnych, uzyskanych w trakcie prowadzenia eksperymentów i symulacji w warunkach laboratoryjnych. Obejmowały one podstawowe badania wytrzymałościowe i technologiczne analizowanych materiałów konstrukcyjnych oraz badania kształtowników z tych materiałów na wyboczenie, co zdaniem Autora ma pozwolić określić ich nośność w konstrukcjach technicznych pracujących w warunkach eksploatacyjnych ram pojazdów.

W badaniach nazwanych przez Autora „zasadniczych”, przedstawionych w rozdziale 6 (41 stron), w celu racjonalnego doboru materiałów konstrukcyjnych na elementy nośne pojazdów wykorzystał on wyniki wykonanych własnych obliczeń i pomiarów. W rozdziale tym przedstawił wyniki wykonanej z wykorzystaniem MES symulacji komputerowej mającej na celu zbadanie możliwości zwiększenia efektywności konstrukcyjnej ram oraz posługując się tymi technikami obliczeniowymi prognozował nośność pojazdów. Doktorant wykorzystał do tego opracowaną przez siebie metodykę obliczeniową wykazując się przy tym znajomością nowoczesnych narzędzi symulacji. Wyniki badań wykazały, że Autor wprowadzając do konstrukcji badane stale konstrukcyjne uzyskał korzystny efekt wzrostu nośności. Wartościową częścią pracy są badania fizyczne opisane w podrozdziałach 6.5 i 6.6, które wykonane były na elementach konstrukcyjnych o kształcie i wymiarach zgodnych z modelami analizowanymi w symulacjach komputerowych. Do badań Autor przygotował odpowiednie oprzyrządowanie. Wyniki tych badań, zamieszczone w załączniku 1, dostarczyły

dotychczasowych informacji na temat kątów skręcenia modeli ram i wartości współczynnika bezpieczeństwa oraz pozwoliły na weryfikację symulacji komputerowych. W podrozdziałach 6.7 do 6.9 Autor przeprowadził analizę końcową wyników obliczeń i badań. Wykonane symulacje pozwoliły na przeprowadzenie szczegółowej analizy porównawczej różnych wariantów konstrukcyjnych. Analiza ta umożliwia optymalizację wyboru założeń konstrukcyjnych ram nośnych pojazdów uwzględniając minimalizację ich masy, przy dostatecznej nośności konstrukcji.

Integralnym elementem recenzowanej pracy mgr inż. Macieja Boldysa jest wykorzystanie opracowanego programu komputerowego wspierającego ocenę efektów zastosowania nowoczesnych wysokowytrzymałych stali konstrukcyjnych do budowy ram pojazdów ciężarowych. Autor przedstawił założenia programu oraz praktyczną implementację zagadnienia pod postacią systemu szacującego efekty zastosowania kształtowników wykonanych ze stali wysokowytrzymałych. Niestety, Autor nie podał żadnych szczegółów dotyczących jego budowy, ale sądząc po deklarowanej zgodności pomiędzy szacunkami uzyskanymi z wykorzystaniem programu oraz wynikami prób odbiorowych (różnica mniejsza niż 7%), program ten potwierdził swą użyteczność w praktyce. Stanowić może zatem istotne narzędzie wspierające technologię, co niewątpliwie podnosi wartość recenzowanej rozprawy.

Kończącą część pracy stanowią rozdział 7 (2 strony) zawierający podsumowanie i 8 (1 strona) zawierający wnioski.

### 3. UWAGI KRYTYCZNE

Przy wysokiej ocenie merytorycznej pracy zwrócić należy uwagę na kilka szczegółów, których eliminacja mogłaby podnieść jej poziom.

1. Myślę, że temat pracy „Ocena właściwości użytkowych ram pojazdów ciężarowych na podstawie wybranych własności materiałów konstrukcyjnych” mógłby być zmieniony na: „Ocena właściwości użytkowych ram pojazdów ciężarowych na podstawie wybranych cech stali wysokowytrzymałych”. Jako uzasadnienie proponowanej zmiany sugeruję, że w „Słowniku poprawnej polszczyzny PWN” napisano, iż „własność” określa prawo przynależności do kogoś i do rozporządzania daną rzeczą. Do określania cech czegoś lepiej użyć słowa „właściwość”. Autor w całej swojej pracy traktuje te dwa słowa jako synonimy, używając ich na przemian. Z tego powodu temat może budzić zastrzeżenia pod względem stylistycznym. Ponadto, w swojej pracy Autor badał tylko stale, pomijając inne materiały konstrukcyjne stosowane w technice, jak: metale nieżelazne, duroplasty – nazywane sztucznymi metalami, czy też lekkie a bardzo

wytrzymałe materiały kompozytowe. Autor zresztą sam na str. 16 częściowo wymienia inne materiały stosowane do budowy pojazdów, ale nigdzie w pracy się nimi nie zajmuje. Dlatego niezrozumiałym jest uogólnienie zawarte w temacie na wszystkie materiały konstrukcyjne.

2. Na str. 7 Autor napisał coś dla mnie niezrozumiałego, cytuję: „Szeroko stosowane są w budowie samochodów stale niestopowe (zwane potocznie konstrukcyjnymi) zastępowane są ... stalami wysokowytrzymałymi”. Rzeczywiście w budowie samochodów stosowane są stale niestopowe konstrukcyjne, ale zgodnie z normą PN-EN 10020:2003 nie jest to nazwa potoczna, ale obowiązująca i powszechnie stosowana w literaturze. Zresztą stale stopowe również zawierają podgrupę stali konstrukcyjnych.
3. Na str. 16 Autor wymienia jakiś błędny podział stali stosowanych w budowie pojazdów. Wg cytowanej normy PN-EN 10020:2003 oraz literatury specjalistycznej, stale dzielą się na:
  - a. niestopowe,
  - b. odporne na korozję zawierające  $> 10,5\% \text{ Cr}$  i  $< \text{C}$ ,
  - c. inne stale stopowe.

Wymienione przez Autora „stale wysokowytrzymałe” należą do grupy stali stopowych a wymienione „stale nierdzewne” należą do stali odpornych na korozję.

4. Niezrozumiałym dla mnie jest użycie w pracy określenia struktura. I tak przykładowo: „nośność struktur wykonanych ze stali” str. 18, a na następnej str. 19 i dalej Autor charakteryzując stale wysokowytrzymałe omawia ich struktury „dwufazową, ferrytyczno-martensytyczną, ferrytyczno-bainityczną ” itd. Podrozdział 2.5 na str. 26 ma tytuł: „Określenie sił działających na strukturę nośną”, należy sądzić, że Doktorantowi chodziło o konstrukcję nośną, gdyż autor nie wymienia typu badanej stali a więc i jej struktury. W tezie pracy Doktorant użył sformułowania: „wytrzymałość struktury ram samochodowych” sugeruje, że chodzi o strukturę badanych stali wysokowytrzymałych, bo to właśnie ona decyduje o ich szczególnych właściwościach, co zresztą Doktorant przedstawił w rozdz. 2 pracy. Podrozdział 6.8 str. 90 pod tytułem „Metodyka określania właściwości użytkowych struktur” również sugeruje zajęciem się wpływem struktury stali na jej właściwości. W swojej pracy Doktorant używa równocześnie określeń „struktura stali” i „struktura ram stalowych” oraz przemienne „struktura nośna” i „konstrukcja nośna”, przykładowo na str. 97 i 98 itd.
5. Badanie stateczności przedstawione na str. 50-53 w rzeczywistości jest badaniem próbek na wyboczenie.

6. Wniosek 1 na str. 100 jest niejasny: „Nowoczesne technologie wytwarzania ... umożliwiają uzyskanie bardzo dobrych efektów technicznych tzn. wzrostu nośności i spadku masy własnej oraz pośrednio bezpieczeństwa konstrukcji”. Moim zdaniem jest to stwierdzenie wymagające wyjaśnienia.
7. Co to jest wytrzymałość „globalna” użyta we wniosku 2 na str. 100.
8. Proponuję we wniosku 4 na str. 100 sformułowanie „zmianę ciężaru i nośności struktury w zależności od zastosowanego materiału” zastąpienie zwrotem „zmianę masy i nośności konstrukcji w zależności od zastosowanego materiału”, bo o to chodziło Doktorantowi. W tym wniosku również Autor napisał: „Możliwe jest ... ustalenie ilościowe efektywności zastosowania stali wysokowytrzymałej”. Mam w związku z tym pytanie, w jakich jednostkach się to będzie określać?

### PODSUMOWANIE

Praca doktorska mgr Macieja Boldysa pod tytułem: „Ocena właściwości użytkowych ram pojazdów ciężarowych na podstawie wybranych własności materiałów konstrukcyjnych” wykonana pod opieką dr hab. inż. Jana Łukowskiego prof. Pol. Śl. charakteryzuje się dużym poziomem nowatorstwa, choć podejmuje zagadnienie będące przedmiotem klasycznej problematyki budowy pojazdów. Autor osiągnął oryginalne wyniki o dużym znaczeniu aplikacyjnym. Opanował przy tym godny podkreślenia warsztat naukowy i inżynierski. Oceniając jednoznacznie pozytywnie przedłożoną pracę należy jednakże zwrócić uwagę na to, że w przypadku efektów stosowania nowoczesnych stali konstrukcyjnych, Autor zbyt silnie podkreśla zagadnienia obniżenia kosztów eksploatacyjnych, które w pracy nie były analizowane w odpowiednim stopniu. Wytknięcie nieścisłości i usterek edytorskich nie umniejsza ogólnej wysokiej oceny pracy.

Na podstawie przeprowadzonej oceny rozprawy doktorskiej przedłożonej przez mgr inż. Macieja Boldysa wyrażam opinię, że spełnia ona wymagania stawiane pracom doktorskim sformułowane w obowiązujących przepisach i wytycznych Centralnej Komisji do Spraw Stopni Naukowych i Tytułu Naukowego i stawiam wniosek o dopuszczenie jej do publicznej obrony przed Radą Wydziału Transportu Politechniki Śląskiej.



Kraków, dnia 6.03.2012 roku