

Dr hab. inż. Janusz Tomczak, prof. Uczelni
Katedra Obróbki Plastycznej Metali
Wydział Mechaniczny, Politechnika lubelska
ul. Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin
j.tomczak@pollub.pl

Lublin, 3 stycznia 2024 r.

**Recenzja rozprawy doktorskiej
mgr inż. Marty Janik**

**pt.: „Opracowanie wysokowydajnej technologii wytwarzania zaworu
silnikowego ze stali chromowo-niklowej przeznaczonego dla samochodów
ciężarowych”**

Podstawę do opracowania niniejszej recenzji stanowi pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Politechniki Wrocławskiej, Pana prof. dr hab. inż. Zbigniewa Gronostajskiego, z dnia 27 października 2023 r. w sprawie powierzenia mi do opracowania recenzji rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Marty Janik pt. „Opracowanie wysokowydajnej technologii wytwarzania zaworu silnikowego ze stali chromowo-niklowej przeznaczonego dla samochodów ciężarowych”.

1. Przedmiot rozprawy

Obecnie podstawowym źródłem napędu pojazdów samochodowych, a zwłaszcza ciężarowych są silniki spalinowe. Jednak zaostrzenie norm emisji spalin powoduje konieczność poszukania nowych rozwiązań, zarówno co do sposobu napędu pojazdów, jak również konstrukcji, wytwarzania i eksploatacji obecnie stosowanych jednostek spalinowych. Rozwój silników spalinowych ukierunkowany jest głównie na obniżenie zużycia paliwa oraz ograniczenie emisji szkodliwych związków, a także podnoszenie trwałości i niezawodności jednostek napędowych. Poprawę efektywności pracy silników spalinowych można uzyskać między innymi poprzez podniesienie parametrów ich pracy (temperatura spalania, ciśnienie, prędkość obrotowa). Powoduje to jednak konieczność stosowania wysokowytrzymałych materiałów konstrukcyjnych na silnie obciążone elementy silników spalinowych, które są stosunkowo drogie i

trudnoobrabialne. Podstawowymi elementami silników spalinowych, od których zależy niezawodna praca zespołu napędowego są zawory, które ze względu na charakter pracy narażone są na ekstremalne obciążenia zarówno mechaniczne, jak i termiczne. Dlatego też elementy te obecnie wykonuje się z wysokostopowych stali o wysokich parametrach wytrzymałościowych oraz charakteryzujących się dużą żaroodpornością i żarowytrzymałością, a także wysoką odpornością na korozyjne działanie spalin. Należy jednak zaznaczyć, że nowoczesne materiały konstrukcyjne, głównie stale chromowo-niklowe, z których wykonuje się zawory silników spalinowych zaliczane są do grupy materiałów trudnoodkształcalnych, zaś podstawową technologią wytwarzania tych elementów jest obróbka plastyczna. Powoduje to szereg problemów technologicznych w procesach wytwarzania, które wynikają między innymi z dużych oporów odkształcenia plastycznego materiału oraz niskiej trwałości narzędzi, co przekłada się na wysokie koszty produkcji. Dlatego też w pełni zasadne jest prowadzenie prac badawczych w zakresie poszukiwania nowych materiałów konstrukcyjnych do wytwarzania narzędzi kuźniczych, przeznaczonych do efektywnego kształtowania trudnoodkształcalnych stopów, a także właściwego zdiagnozowania zjawisk powodujących przyspieszone zużycie narzędzi i poszukiwania metod podnoszenia ich trwałości.

Przedmiotem rozprawy doktorskiej jest opracowanie udoskonalonej technologii kucia zaworów silników spalinowych ze stali chromowo-niklowej przeznaczonych dla samochodów ciężarowych, a w szczególności określenia podstawowych zjawisk powodujących zużycie narzędzi kuźniczych w procesie kucia odkuwki zaworu, w oparciu o które możliwe będzie opracowanie optymalnej konstrukcji narzędzi, właściwy dobór materiałów narzędziowych do wytwarzania matryc kuźniczych oraz wybór odpowiedniej metody zwiększania trwałości warstwy wierzchniej narzędzi. Tematyka pracy wpisuje się w najnowsze trendy badań w dziedzinie poprawy jakości wyrobów kształtowanych metodami obróbki plastycznej, a także podnoszenia trwałości i niezawodności narzędzi kuźniczych.

2. Treść rozprawy

Praca składa się z pięciu głównych rozdziałów, podzielonych tematycznie na podrozdziały, spisu treści oraz spisu literatury, cytowanej w tekście rozprawy, a także streszczeń rozprawy w języku polskim i angielskim. Ogółem praca zawiera 134 stron (wraz ze spisem literatury i streszczeniami).

Bezpośrednio za spisem treści w rozprawie zamieszczono pierwszy rozdział, który obejmuje krótki wstęp. Stanowi on wprowadzenie do pracy, przedstawiające ogólne zagadnienia związane z tematyką rozprawy oraz wyjaśniający konieczność prowadzenia badań związanych z tematyką pracy.

Rozdział drugi zatytułowany „Studia literaturowe” zawiera przegląd stanu wiedzy w przedmiocie rozprawy doktorskiej. Rozdział ten podzielono tematycznie na trzy główne podrozdziały. W pierwszym z nich pt. „Charakterystyka zaworów do silników spalinowych” omówiono zagadnienia związane z konstrukcją, wytwarzaniem i eksploatacją zaworów do silników spalinowych. W drugim podrozdziale przeglądu literatury, zatytułowanym „Mechanizmy zużycia narzędzi kuźniczych” opisano podstawowe zjawiska, powodujące zużycie narzędzi kuźniczych, stosowanych w procesach kucia na gorąco. W trzecim podrozdziale „Metody poprawy trwałości narzędzi kuźniczych” omówiono problematykę poprawy własności eksploatacyjnych oraz metody podnoszenia trwałości narzędzi kuźniczych. W tym podrozdziale wskazano na cztery podstawowe czynniki, takie jak: materiał narzędziowy, konstrukcja narzędzi, inżynieria powierzchni oraz warunki eksploatacyjne, przy pomocy których można wpływać na trwałość narzędzi kuźniczych.

W rozdziale trzecim po krótkim omówieniu problemów, związanych z procesami kucia odkuwek zaworów silników spalinowych i trwałością narzędzi kuźniczych przedstawiono cel pracy oraz sformułowano tezę naukową rozprawy. Celem prowadzonych badań było opracowanie technologii wytwarzania zaworu silnika spalinowego ze stali chromowo-niklowej przeznaczonego dla samochodów ciężarowych, która w stosunku do obecnie stosowanych rozwiązań pozwoli na zwiększenie trwałości narzędzi kuźniczych oraz umożliwi wytwarzanie odkuwek o lepszej jakości. Następnie w oparciu o przyjęty cel Autorka formułuje tezę pracy, która brzmi: „Poprzez zastosowanie wybranych metod poprawy trwałości, takich jak: zwiększenie grubości warstwy azotowanej na matrycy wstępnej, wstępne kształtowanie kaloty i chłodzenie stempla w drugiej operacji, a także wydłużenie czasu nagrzewania materiału wsadowego można znacząco zwiększyć trwałość narzędzi kuźniczych, co przyczyni się do udoskonalenia obecnej technologii oraz zwiększenia wydajności procesu kucia zaworów wykonanych ze stali chromowo-niklowej”.

Cel rozprawy należy ocenić jako w pełni uzasadniony, a zaproponowany zakres badań, składający się z ośmiu punktów, a także zastosowane narzędzia badawcze umożliwiają osiągnięcie tego celu.

W najobszerniejszym rozdziale czwartym, zatytułowanym „Badania własne” przedstawiono metodykę prowadzonych badań wraz z uzyskanymi wynikami. Rozdział ten podzielono na siedem powiązanych ze sobą podrozdziałów. W pierwszym podrozdziale pt. „Analiza obecnie realizowanej technologii wytwarzania zaworów do silników samochodów ciężarowych” omówiono obecnie stosowany w przemyśle proces technologiczny kucia odkuwek zaworów do silników spalinowych. Przedstawiono między innymi kolejne operacje wraz z parametrami procesu technologicznego. Wskazano również na problemy, które pojawiają się w procesie kucia, do których można zaliczyć między innymi niską i niejednorodną trwałość narzędzi kuźniczych, brak powtarzalności w długości czasu eksploatacji poszczególnych narzędzi oraz pogorszenie jakości kształtowanych odkuwek. W kolejnym podrozdziale zatytułowanym „Określenie trwałości dla matrycy wstępnej oraz stempla z II operacji” dokonano analizy trwałości narzędzi kuźniczych oraz zjawisk, które prowadzą do zużycia narzędzi. Analizę przeprowadzono dla najbardziej obciążonych narzędzi, kształtujących odkuwkę w dwóch operacjach, wskazując na elementy oprzyrządowania o najmniejszej trwałości. W trzecim podrozdziale pt. „Analiza eksploatacji matrycy wstępnej w procesie wyciskania zaworów do silników spalinowych” dokonano szczegółowej analizy warunków pracy i mechanizmów zużycia dla matrycy wstępnej, wykorzystywanej w pierwszej operacji kucia. W oparciu o techniki skanowania 3D dokonano digitalizacji powierzchni matryc, które następnie porównano z zarysami teoretycznymi. Dokonano również oceny sposobu używania się wykroju matrycy w oparciu o cykliczne pomiary kształtowanych półwyrobów. Następnie w oparciu o badania mikroskopowe oraz mikrotwardości określono główne przyczyny zużycia narzędzi kuźniczych. W kolejnym podrozdziale pt. „Analiza eksploatacji stempla w procesie kucia zaworów do silników spalinowych” przeprowadzono podobną analizę warunków pracy i mechanizmów zużycia dla stempla kształtującego grzybek odkuwki zaworu w drugiej operacji kucia. W tym celu również wykorzystano metody inżynierii odwrotnej z zastosowaniem technik skanowania 3D, zaś w oparciu o badania mikroskopowe oraz mikrotwardości dokonano oceny zjawisk powodujących zużycie narzędzi. W kolejnym piątym podrozdziale zatytułowanym „Modelowanie numeryczne procesu kucia” przedstawiono wyniki analizy numerycznej procesu kucia odkuwek zaworów silników spalinowych. Modelowanie przeprowadzono metodą elementów skończonych w oprogramowaniu Forge NxT 3.0. Obliczenia prowadzono pod kątem określenia

zarówno zjawisk zachodzących w kształtowanym materiale, jak również obciążenia mechanicznego i termicznego narzędzi. W oparciu o modelowanie numeryczne dokonano również oceny zużycia ściernego powierzchni wykrojów narzędzi. W podrozdziale szóstym pt. „Wpływ metod i sposobów zwiększania trwałości dla wytypowanych narzędzi: matrycy w I operacji oraz stempla w II operacji” przeprowadzono kompleksową analizę różnych metod podniesienia trwałości narzędzi. Dokonano oceny wpływu rodzaju materiału narzędziowego na trwałość narzędzi kuźniczych. Przeanalizowano wpływ technik inżynierii powierzchni (laserowego umacniania udarowego – LSP oraz azotowania gazowego) na trwałość narzędzi kuźniczych. Następnie dokonano oceny wpływu temperatury wstępnika na strukturę kształtowanego materiału oraz trwałość narzędzi kuźniczych. W prowadzonej analizie określono również wpływ zmiany kształtu matrycy i stempla na obciążenie narzędzi i ich trwałość oraz dokonano oceny wpływu zmiany parametrów technologicznych na eksploatację narzędzi kuźniczych. Podrozdział szósty zamyka podsumowanie zrealizowanych prac, w którym zestawiono najważniejsze wyniki prowadzonych badań. W kolejnym, siódmym podrozdziale zatytułowanym „Implementacja docelowych metod poprawy trwałości w gnieździe produkcyjnym oraz analiza i ocena zastosowanych rozwiązań zarówno dla matrycy w I operacji oraz dla stempla w II operacji” zaprezentowano wyniki badań dotyczące przemysłowego wdrożenia wybranych metod podnoszenia trwałości narzędzi. Przeanalizowano również wpływ wprowadzonych zmian na jakość kształtowanych odkuwek i ilość powstających braków.

W ostatnim, piątym rozdziale dokonano podsumowania uzyskanych wyników i przedstawiono łącznie 15 wniosków z przeprowadzonych badań.

Po podsumowaniu przedstawiono wykaz literatury. Autorka w swojej pracy powołuje się na dość bogatą bibliografię, obejmującą 126 pozycji. Cytowane publikacje związane są z tematyką prowadzonych badań i w większości stanowią dorobek światowych badaczy.

3. Ogólna ocena rozprawy

Doktorantka podjęła się przeprowadzenia kompleksowej analizy procesu kształtowania plastycznego odkuwek zaworów do silników spalinowych. Prowadzone badania ukierunkowane były na opracowanie udoskonalonej i zarazem efektywnej metody wytwarzania odkuwek zaworów silników spalinowych, stosowanych w

pojazdach ciężarowych. Zadanie to Doktorantka wykonała, przeprowadzając zarówno eksperyment numeryczny MES, jak i serię badań doświadczalnych na obiektach rzeczywistych (kształtując serię odkuwek zaworów silników spalinowych z wykorzystaniem różnych narzędzi). Należy tutaj podkreślić, że Doktorantka przeprowadziła kompleksowe badania wpływu różnych czynników na trwałość narzędzi kuźniczych oraz intensywność występowania zjawisk powodujących zużycie oprzyrządowania kuźniczego w procesach kucia trudnoodkształcalnych stali chromowo-niklowych. Na uznanie zasługuje zakres przeprowadzonych badań. Doktorantka nie ograniczyła się tylko do analizy pojedynczego wariantu kucia, a dokonała szerokiej analizy wpływu gatunku materiału narzędziowego, inżynierii powierzchni, parametrów termicznych wstępniaków, konstrukcji narzędzi oraz sposobu realizacji technologii kucia na trwałość narzędzi kuźniczych oraz jakość wytwarzanych odkuwek, co wymagało ogromnego wkładu pracy i doświadczenia w planowaniu i prowadzeniu eksperymentu. Doktorantka wykazała się również znajomością nowoczesnego zaplecza badawczego. Wykorzystując techniki numeryczne Doktorantka przeprowadziła wielowariantowe symulacje MES procesów kształtowania plastycznego odkuwek zaworów, które realizowano z uwzględnieniem zjawisk termo-mechanicznych, zachodzących w narzędziach. Na tej podstawie dokonała kompleksowej analizy kinematyki płynięcia materiału oraz zdiagnozowała obszary w narzędziach, narażone na przyśpieszone zużycie. Ponadto w oparciu o techniki skanowania 3D oraz metody inżynierii odwrotnej Doktorantka dokonała oceny stopnia zużycia narzędzi kuźniczych. Następnie prowadząc badania mikroskopowe z wykorzystaniem mikroskopu świetlnego oraz skaningowego mikroskopu elektronowego Doktorantka przeprowadziła analizę mechanizmów zużycia całej grupy narzędzi kuźniczych, a w oparciu o pomiary twardości wyeksploatowanych matryc i stempli dokonano oceny stopnia odpuszczenia poszczególnych stref na wykrojach narzędzi.

Na szczególne podkreślenie zasługuje opracowanie przez Doktorantkę zmian konstrukcyjnych narzędzi oraz wprowadzenie zmian w procesie technologicznym, polegających na wydłużeniu cyklu grzania wstępniaków oraz wprowadzeniu międzyoperacyjnego chłodzenia stempla, kształtującego grzybek zaworu. Dzięki tym zmianom znacznie podniesiono trwałości oprzyrządowania kuźniczego. Stanowi to istotny wkład Doktorantki w rozwój technologii kuźniczych i wyczerpuje w mojej opinii

wymóg ustawy o stopniach naukowych, zawiera bowiem oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.

Zakres pracy można uznać za wystarczający i obejmuje zarówno opracowanie modelu numerycznego MES i przeprowadzenie symulacji numerycznych, jak i zbudowanie stanowiska badawczego, zaplanowanie procedury pomiarowej i przeprowadzenie badań doświadczalnych. Doktorantka wykazała się szeroką wiedzą z zakresu metod numerycznych mechaniki (MES), a także z zakresu metod eksperymentalnych mechaniki oraz umiejętnością planowania i wykonania eksperymentu.

Układ pracy jest poprawny, jej redakcja jest bardzo staranna, aczkolwiek budzi niewielkie zastrzeżenia, wymienione w następnych paragrafach. Cel i teza zostały sformułowane właściwie, zaś przyjęty plan badawczy umożliwia spełnienie postawionych celów. Bibliografia opracowana jest adekwatnie do tematu pracy.

Biorąc powyższe pod uwagę, moja ogólna merytoryczna ocena rozprawy jest dobra. Poniżej przedstawiono uwagi krytyczne, które w większości mają charakter komentarzy dyskusyjnych i nie umniejszają pozytywnej oceny pracy.

4. Uwagi krytyczne do pracy

- 4.1. W pracy nie pokazano żadnego rysunku kształtowanej odkuwki oraz narzędzi stosowanych w procesie, które jednoznacznie definiowałyby parametry geometryczne i jakościowe stawiane zarówno wyrobom, jak i narzędziom (wymiary gabarytowe, tolerancje wykonania, tolerancje kształtu, jakość powierzchni, własności mechaniczne, pokrycia i powłoki itp.). Na proces zużywania się narzędzi ma również wpływ sposób montażu oprzyrządowania, jednak nie pokazano jak wkładki matrycowe były osadzane w oprawach, z jaką dokładnością pozycjonowano wzajemnie narzędzia. Dlatego trudno o jednoznaczną interpretację uzyskanych wyników w odniesieniu do proponowanych zmian konstrukcyjno-technologicznych, a także do innych procesów kucia. Dlaczego w pracy nie zamieszczono tych informacji?
- 4.2. Często w pracy pojawia się zwrot „zawory silnikowe” lub „zawory samochodowe”, obecnie takie określenie jest zbyt ogólne, ponieważ coraz częściej pojazdy napędzane są przez silniki elektryczne. Wydaje się, że

bardziej właściwym byłoby doprecyzowanie nazewnictwa i stosowanie określenia np. „zawory silników spalinowych”.

- 4.3. Kolejna nieścisłość dotyczy również nomenklatury. W pracy analizowany jest proces wytwarzania odkuwki zaworu silnika spalinowego, która jest półwyrobem lub półfabrykatem poddawany dalszej obróbce mechanicznej i cieplno-chemicznej, po której dopiero uzyskuje się gotowy wyrób w postaci zaworu. Jednak w pracy konsekwentnie jest stosowane określenie zawór silnikowy, co może wprowadzać w błąd.
- 4.4. Jak Autorka może wyjaśnić stwierdzenie ze strony 34 „Zastosowanie matematycznych metod programowania umożliwia rozwiązanie zagadnień związanych z optymalizacją kształtów narzędzi kuźniczych”?
- 4.5. W pracy wskazano, że materiał wyjściowy (stali Nireva) dostarczany jest w dwóch stanach: A – przesycany po procesie walcowania lub B – chłodzony po procesie walcowania, bez obróbki cieplnej. Od czego zależy stan dostawy materiału do kucia i jak ten stan wpływa na późniejszy proces technologiczny oraz własności końcowe odkuwek?
- 4.6. Stale chromowo-niklowe zaliczane są do materiałów trudnoodkształcalnych. Czy rozważano wstępną obróbkę cieplną materiału wyjściowego przed procesem kucia w celu poprawy własności plastycznych materiału?
- 4.7. Na stronie 49 pojawia się stwierdzenie, że cięcie półfabrykatu odbywa się „na gorąco”. Natomiast materiał przed cięciem podgrzewany jest do temperatury 350 °C. Czy na pewno możemy użyć tego stwierdzenia?
- 4.8. Na stronie 51 przy opisie procesu technologicznego podano naciski w poszczególnych etapach kucia oraz nacisk prasy kuźniczej w tonach. Obecnie obowiązuje układ jednostek SI, według którego siła nacisku powinna być wyrażana w N, kN lub MN.
- 4.9. Na stronie 52, w ostatnim akapicie pojawia się stwierdzenie „W celu umocnienie struktury ...” W jaki sposób można umocnić strukturę? Czy nie chodziło tutaj o umocnienie materiału lub zmiany, ewentualnie poprawy struktury?
- 4.10. W opisie modelu numerycznego na stronie 70 wskazano, że z uwagi na brak w bazie danych oprogramowania Forge NxT materiału Nireva przyjęto do obliczeń podobny materiał znajdujący się w bazie: X5NiCrAlTi31-20. Jednak poniżej przedstawiono krzywe płynięcia dla stali Nireva, wyznaczone w

badaniach plastometrycznych, które opisano następnie równaniem Spittel'a (2). Który model materiałowy wykorzystano w obliczeniach numerycznych? Jakie przyjęto wartości współczynników dla równania (2)?

- 4.11. Rysunki modeli geometrycznych dla pierwszej operacji (rys. 72) oraz dla drugiej operacji (rys. 77) są nieczytelne i niekompletne.
- 4.12. Dla wyznaczonych MES rozkładów drogi tarcia oraz zużycia ściernego nie podano jednostek. W jakich jednostkach przedstawiono rozkłady drogi tarcia (rys. 76 oraz rys. 124) oraz rozkłady zużycia ściernego wg modelu Archarda (rys. 76, rys. 126, rys. 127)? Dla jakiej liczby cykli wyznaczono rozkłady zużycia ściernego?
- 4.13. Na stronie 79 wskazano, że do procesu produkcyjnego wprowadzono matryce wykonane z trzech różnych gatunków stali narzędziowych: QRO90 Supreme, Unimax oraz W360, po standardowej obróbce cieplnej (hartowaniu i dwukrotnym odpuszczaniu). Zastosowane stale narzędziowe dostarczane są przez trzy różne firmy, które podają również własne wytyczne odnośnie rodzaju i parametrów obróbki cieplnej i cieplno-chemicznej. Czy parametry obróbki cieplnej, której poddano narzędzia do kucia odbiegały od wytycznych producentów stali narzędziowych? Jaki wpływ na trwałość narzędzi mogły mieć odstępstwa od zalecanych parametrów obróbki cieplnej i cieplno-chemicznej?
- 4.14. Skale naprężeń normalnych oraz zredukowanych na rysunku 128 zostały niewłaściwie dobrane, co powoduje, że rozkłady są nieczytelne.
- 4.15. Podczas analizy wpływu materiału na trwałość narzędzi zaproponowano zastosowanie wkładek wykonanych z węgliku spiekanego. Jednak nie osiągnięto zadowalających wyników ze względu na mało precyzyjne pozycjonowanie półwyrobów. Czy pojawiające się problemy z narzędziami wykonanymi z węgliku spiekanego nie były spowodowane również zbyt małą sztywnością oprawy, w której osadzano wkładki? Czy rozważano zmiany konstrukcyjne narzędzi w tym kierunku?

5. Uwagi edytorskie

Jak już wcześniej wspomniano, redakcja pracy jest bardzo staranna. Natomiast zauważone usterki są sporadyczne i nie wpływają na końcową ocenę pracy. Niedociągnięcia edytorskie mogą wynikać z ogromnej liczby danych, które przedstawiono w pracy, a także braku doświadczenia Autorki w redagowaniu prac naukowych. Poniżej przedstawiono ważniejsze z nich, pomijając takie drobne usterki jak sporadyczny brak znaków interpunkcyjnych i literówki.

- 5.1. W pracy pojawiają się rysunki oraz tabele zaczerpnięte z literatury (rys. 4, rys. 6, rys. 7, rys. 8, rys. 13, rys. 22, rys. 26, rys. 31, rys. 34, rys. 35, tab. 2), w opisie których nie wskazano źródła. Przy czym w tekście pracy odnośniki do źródeł zostały już wskazane.
- 5.2. Na stronie 25 użyto zwrotu „kwalifikacja metod”, czy nie bardziej właściwe byłoby zastosowanie stwierdzenia „klasyfikacja metod”?
- 5.3. Na stronie 40 użyto stwierdzenia „oddziaływają” poprawniej byłoby użyć stwierdzenia „oddziałują”.
- 5.4. Na stronie 65 użyto stwierdzenia „odkuwki zaworowej”, bardziej właściwe byłby zwrot „odkuwki zaworu”.
- 5.5. Na stronie 65 użyto stwierdzenia „Tolerancja została zacieśniona”, bardziej właściwe byłby zwrot „Tolerancja została zawężona”.
- 5.6. Na stronie 71 przy opisie jednostek współczynników wymiany ciepła podano „°K”, natomiast jednostką temperatury jest „K”.
- 5.7. Na stronie 72 przy opisie parametrów prasy kuźniczej podano długość korby $L=576$ mm oraz wykorbienie $R=127$ mm. Zgodnie z przyjętym nazewnictwem obie wartości powinny być identyczne. Czy nie chodziło tutaj o długość korbowodu $L=576$ mm?
- 5.8. Na stronie 109 użyto stwierdzenie „odpuszczanie materiału na twardość”, poprawniej byłoby użyć „do twardości”.
- 5.9. Na stronie 114 użyto stwierdzenia „kucie zaworów ciężarowych”, poprawniej byłoby użyć zwrotu „kucie odkuwek zaworów do silników spalinowych samochodów ciężarowych”.

Wnioski końcowe

Dorobek publikacyjny Doktorantki jest imponujący i obejmuje 11 publikacji (według bazy Scopus) w renomowanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym, co wypełnia wymogi ustawowe. Biorąc pod uwagę pozytywną ocenę rozprawy, przedstawioną powyżej, oraz dotychczasowy dorobek publikacyjny Doktorantki spełniający wymagania ustawowe, stwierdzam, że rozprawa doktorska Pani mgr inż. Marty Janik pt.: „Opracowanie wysokowydajnej technologii wytwarzania zaworu silnikowego ze stali chromowo-niklowej przeznaczonego dla samochodów ciężarowych” spełnia wszystkie warunki stawiane przez ustawę „Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce” z dn. 20.07. 2018 r. (t. j. Dz.U. z 2023 r. poz. 742 z późn. zm.) i na tej podstawie wnioskuję o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie jej do publicznej obrony w dyscyplinie naukowej Inżynieria Mechaniczna.

Lublin, 3 styczeń 2024 r.

Manusz Tomczak

