

Wrocław, 5 czerwca 2023r.

Dr hab. inż. Marek Hawryluk, prof. Politechniki Wrocławskiej

Recenzja pracy doktorskiej mgr inż. Katarzyny Kubik pt: „Kształtowanie właściwości funkcjonalnych walcowanych kompozytów warstwowych AlMg-Al-Cu”

Promotor: dr hab. inż. Dariusz Rydz, prof. Politechniki Częstochowskiej

1. Ocena istotności problemu naukowego

W ostatnich latach można zaobserwować spore zainteresowanie technologiami wytwarzania wyrobów wielowarstwowych (kompozytów) na bazie stopów aluminium i magnezu łączonych także z innymi metalami. Do najbardziej popularnych wśród materiałów nieżelaznych, wytwarzanych metodami przeróbki plastycznej należą stopy aluminium. Innym materiałem cieszącym się dużą popularnością wśród materiałów nieżelaznych, głównie ze względu na swoje właściwości, jest miedź oraz stopy miedzi. Materiały te znajdują zastosowanie między innymi w elektrotechnice oraz budowie i eksploatacji maszyn i urządzeń. Oczywiście, zarówno stopy aluminium i miedzi mogą być łączone różnymi technikami i stanowić kompozyty wielowarstwowe. Wyroby z takich materiałów kompozytowych bardzo często są wykorzystywane w wielu gałęziach przemysłowych, głównie w energetyce i elektronice. Także ciągły rozwój firm przemysłowych oraz ośrodków naukowo-badawczych powodują, że wciąż poszukuje się nowych oraz bardziej zaawansowanych i optymalnych technologii przeróbki plastycznej kompozytów, przy uwzględnieniu aspektów ekologicznych i ekonomicznych, mających na celu jednoczesne obniżanie kosztów wytwarzania, a także określonych własności użytkowych i funkcjonalnych. Dlatego też podczas optymalizacji procesów wytwarzania często brane są pod uwagę ograniczenia związane ze stopniem skomplikowania badań eksperymentalnych, które znacząco podnoszą koszty oraz czasochłonność testów. W pracy wskazano na kluczowe aspekty wytwarzania warstwowych blach kompozytowych oraz którym z połączeń różnych warstw należy poświęcić najwięcej uwagi oraz przeprowadzić najwięcej badań, ze względu na fakt, że są problematyczne. Zasygnalizowano także kluczowe problemy podczas walcowania wytworzonych kompozytów, czyli dobór asymetrii kinetycznej ASK w celu uzyskiwania prostych odcinków kompozytu pozbawionych defektów na połączeniach. Zauważono, że występujące mikropęknięcia i pęknięcia faz międzymetalicznych pojawiają się najczęściej podczas wyginania walcowanego pasma i poddawania go operacji prostowania. Dlatego w tym aspekcie wydaje się, że dobór optymalnych parametrów procesów łączenia i kształtowania plastycznego ma wpływ na poprawę właściwości funkcjonalnych płaskich kompozytów warstwowych.

Dlatego zagadnienia przedstawione w recenzowanej pracy doktorskiej, w której Autor, opracowuje oryginalną metodykę badań dotyczącą wytwarzania kompozytowych blach warstwowych na bazie AlMg-Al-Cu oraz przeprowadzenie procesu walcowania z asymetrią kinetyczną, w celu zbadania i określenia optymalnych parametrów kształtowania należy uznać **za aktualną i nowatorską**, a tematykę w pełni **uzasadnioną naukowo i aplikacyjnie**.

Merytoryczna ocena pracy

Recenzowana praca doktorska pana mgr inż. Katarzyny Kubik została napisana w języku polskim w typowej formie rozprawy doktorskiej pod tytułem: „Kształtowanie właściwości funkcjonalnych walcowanych kompozytów warstwowych AlMg-Al-Cu”. Łącznie rozprawa obejmuje 130 stron i składa się z 4 rozdziałów głównych, streszczenia w j. polskim i angielskim oraz wykazu oznaczeń na początku pracy, bibliografii oraz spisem rysunków i załączników. Praca ma wyraźnie interdyscyplinary charakter, bowiem jest z pogranicza technologii formowania/wytwarzania materiałów kompozytowych (inżynieria mechaniczna) a także, co w tym przypadku nieuniknione w obszarze inżynierii materiałowej, bowiem dotyczy określenia własności funkcjonalnych dla walcowanych materiałów kompozytowych. Studium literaturowe (obejmujące 136 pozycji literaturowych – głównie w j. angielskim, choć ponad 1/3 jest w j. polskim) zostało przeprowadzone rzetelnie, z krytycznym podejściem do omawianych problemów, w tym zagadnień dotyczących podstaw teoretyczno-doświadczalnych procesu wytwarzania

kompozytów warstwowych. W opinii recenzenta wybrane przez Doktorantkę pozycje literaturowe są adekwatne do opracowywanego zagadnienia i podjętej, bardzo ciekawej od strony naukowej tematyki rozprawy doktorskiej. Informacje te były punktem wyjścia do określenia tezy rozprawy doktorskiej (przedstawionej na str 54):

„Na podstawie znajomości określonych parametrów procesowych oraz określonych właściwości funkcjonalnych kompozytu warstwowego, możliwe jest ich plastyczne kształtowanie z zapewnieniem odpowiedniej jakości obszarów połączenia wyrobu gotowego”.

A także głównego celu pracy, którym było: „określenie wpływu parametrów procesu wytwarzania kompozytów warstwowych AlMg5-Al-MnE na jakość obszarów złącza oraz wybrane właściwości funkcjonalne”, a także dodatkowych celów i zakresu badań, jakie doktorantka postawiła i przyjęła w dysertacji. Przy czym mam pewne zastrzeżenie językowe do tezy, bowiem w jej treści wynika, że doktorantka chce plastycznie kształtować kompozyt (w hipotezie: jednego kompozytu), a nie wielu. Dlatego nie wiadomo dlaczego w dalszej części hipotezy jest sformułowanie: „możliwe jest **ich** plastyczne kształtowanie”; czy nie powinno być: „**jego** plastyczne kształtowanie” ?

W dalszej części badawczo-doświadczalnej scharakteryzowano materiał badawczy (na str 57-58). Doktorantka bardzo dobrze uzasadniała, dlaczego wybrała taki, a nie inny materiał kompozytowy i wyjaśniła jego budowę oraz cechy funkcjonalne, jakie miał spełniać oraz opisano szczegółowo metodykę badawczą wraz z planem badań, a następnie przeprowadzono cały szereg, logicznie połączonych ze sobą badań, które doktorant nazwał badaniami własnymi. Taki uporządkowany i dokładnie opisany plan badań pozwolił na konsekwentne prowadzenie badań i pomiarów, które obejmowały kolejno:

- analizy makro i mikrostruktura kompozytów po połączeniu metodą zgrzewania wybuchowego;
- przeprowadzenie asymetrycznego procesu walcowania kompozytów warstwowych oraz jego analizę;
- badania i analizę struktur kompozytów warstwowych po asymetrycznym procesie walcowania;
- określenie wytrzymałości obszarów połączeń na ścinanie;
- przeprowadzenie pomiarów mikrotwardości;
- kompleksową analizę wyników badań;
- dokonanie oceny możliwości wdrożenia asymetrycznego procesu walcowania blach kompozytowych do praktyki przemysłowej.
- podsumowanie rozprawy doktorskiej.

Zarówno prowadzenie badań i pomiarów oraz ich opis wraz z analizą wyników dla każdego z etapów badawczych doktorant zrealizował poprawnie i można odnieść wrażenie, że dobrze opanował realizowane zagadnienia, od strony naukowej i merytorycznej, co wskazuje na dojrzałość i samodzielność przyszłego doktora. Całość pracy doktorskiej wraz z wynikami badań została kompleksowo podsumowana w rozdziale czwartym. Należy podkreślić, że poruszane w pracy doktorskiej zagadnienia, wydają się być istotne dla określenia możliwości praktycznego wykorzystania uzyskanych wyników.

Idea rozwiązania przedstawionego problemu jest ciekawa i stanowi spore wyzwanie naukowo-badawcze, a Autor podszedł do tego zagadnienia kompleksowo i wielo-wariantowo (wytworzenie kompozytów wielowarstwowych, a następnie ich przeróbka plastyczna w procesie asymetrycznego walcowania, w połączeniu z wynikami kluczowych badań makro i mikrostruktury oraz właściwości mechanicznych). Rozprawa doktorska mgr inż. Katarzyny Kubik budzi również pewne uwagi dyskusyjne i krytyczne oraz edycyjne, zwłaszcza tych ostatnich jest sporo w pracy. Poszczególne, szczegółowe kwestie natury dyskusyjnej i krytycznej oraz uwagi z pytaniami zostały zawarte na końcu podsumowania każdego z rozdziałów (podrozdziałów) pracy doktorskiej. Natomiast, jako najważniejsze uwagi dyskusyjne, w opinii recenzenta należy wskazać niepokuszenie się o modelowanie numeryczne procesu walcowania asymetrycznego, gdyż dostarczyłoby one wiele ciekawych informacji i pozwoliło na wyznaczenie wielu wielkości i parametrów, których nie udało się wykazać w badaniach laboratoryjnych. Ponadto w rozdziałach 3.3.3 oraz 3.3.4 jest wiele niejasności, skrótów myślowych, błędów edycyjnych, braku wyjaśnień, itp., co sprawia, że mimo, iż te rozdziały w opinii Recenzenta są b. ciekawe od strony naukowej, to trudne w interpretacji i analizie.

Szczegółowa charakterystyka rozprawy doktorskiej mgr inż. Katarzyny Kubik

We wprowadzeniu, stanowiącym rozdział pierwszy, Doktorantka koncentruje się głównie na procesach wytwórczych materiałów kompozytowych, opisując ich rys historyczny, materiały używane do kompozytów. W szczególności kompozytów metalowych, kończąc informacjami na temat konieczności opracowywania optymalnego procesu wytwarzania kompozytowych warstwowych wyrobów płaskich na osnowie metali lekkich przy zachowaniu wysokiej jakości obszarów połączenia.

Rozdział drugi dysertacji to **stan zagadnienia**, obejmujący opis i analizę materiałów kompozytowych, ich klasyfikacje, charakterystykę i właściwości kompozytów, a także rodzaje połączeń materiałów kompozytowych oraz metody wytwarzania materiałów kompozytowych, a w szczególności kompozytów warstwowych. W rozdziale tym Doktorantka dużo miejsca poświęca analizie wytwarzania i łączenia wyrobów metalowych (kompozytów) metodzie zgrzewania wybuchowego, którą stosowała w badaniach podczas realizacji pracy doktorskiej. W rozdziale drugim przedstawiono także analizę teoretyczną asymetrycznego procesu walcowania kompozytów warstwowych, czyli procesu przeróbki plastycznej, który również był wykorzystywany i realizowany w doktoracie, w celu określenia optymalnych parametrów technologicznych i uzyskiwania poprawnych kompozytowych blach warstwowych typu: AlMg5+Al+Cu. W stanie zagadnienia Autor przedstawił również defekty i degradacje mechaniczne w metalowych kompozytach warstwowych oraz analizę techniczno-ekonomiczną procesu wytwarzania kompozytów warstwowych. Rozdział ten kończy się podsumowaniem przeglądu literatury, na podstawie którego Doktorantka stwierdza, że materiały warstwowe posiadają duży potencjał rozwoju, a obecnie poszukuje się optymalnych metod ich wytwarzania i przetwarzania, w celu obniżenia kosztów. Wszystko to powoduje, że znaleźć można jeszcze pewien nieodkryty obszar badawczy, który wpisuje się w tematykę pracy doktorskiej podjętej przez mgr inż. Katarzynę Kubik.

Rozdział trzeci to część badawcza, w której opisano najistotniejsze informacje dotyczące przyjętych założeń, hipotezy, celu i zakresu badań, a także ich realizacji i analizy uzyskanych wyników oraz wyciągnięciem najważniejszych wniosków i spostrzeżeń. W rozdziale 3.3.1 zatytułowanym „Makro i mikrostruktura kompozytów warstwowych po połączeniu metodą zgrzewania wybuchowego” doktorantka przedstawiła bardzo ciekawe wyniki badań dotyczące mikrostruktur poszczególnych komponentów wytworzonego kompozytu wskazując na pojawiające się defekty oraz utworzone fazy międzymetaliczne. Zauważyła, że najczęściej wady występowały na krawędziach kompozytu lub „marginesów” połączonego arkusza. Ponadto badania wykazały, że obszar połączenia warstw M1E+Al jest lekko pofalowany i są to mieszaniny łączonych metali. Natomiast obszar połączenia warstw Al+AlMg5 jest obszarem prawie, że płaskim bez pofalowań. Doktorantka stwierdziła, że w obszarze połączenia warstw Al i M1E wyraźnie uwidoczniły się fazy międzymetaliczne. Z kolei w obszarze połączenia Al oraz AlMg5 nie zaobserwowano obszarów przetopień świadczących o występowaniu faz międzymetalicznych. Na podstawie obserwacji można stwierdzić, że uzyskane połączenie komponentów kompozytu warstwowego zbliżone było do płaskiego bez rozwarstwień i mikropeknięć.

Uwagi i pytania:

1. Skąd wiadomo, że na rys. 30 na granicy Al.-Cu występują przetopienia?
2. Proszę o informację, jak należy rozumieć, że właściwości funkcjonalne kompozytów zależą od mieszanin międzymetalicznych w przetopieniach-str 71?
3. Skąd wiadomo, że zidentyfikowano Al₂Cu nazwana fazą Θ i na podstawie charakterystyki tej fazy stwierdzono, że jest twarda i krucha? W opinii recenzenta należałoby przeprowadzić analizę EBSD, żeby to potwierdzić.
4. Dla rys. 33 przydałby się komentarz, jakie fazy zidentyfikowano dla pomiaru od strony Al oraz pomiaru od strony miedzi.

W **rozdziale 3.3.2** zatytułowanym doktorantka przedstawiła wyniki badań dotyczące „Asymetrycznego procesu walcowania kompozytów warstwowych”, a w szczególności reprezentatywne wyniki badań związanych z realizacją asymetrycznego procesu walcowania blach kompozytowych warstwowych dla dwóch wariantów zadawanych wartości gniotów względnych. W przypadku gniotu na poziomie 12% oraz dla asymetrii 0,94 uzyskano najlepsze wyniki odkształcenia i długości poszczególnych warstw, a w szczególności brak wygięć całej blachy kompozytowej. Dla takiej asymetrii uzyskano również jedną z najniższych wartości sił walcowania. Natomiast dla drugiego

przepustu (gniot=27%) najlepsze wyniki w tym samym kontekście uzyskano dla asymetrii 0.85. Doktorantka w oparciu o uzyskane wyniki postawiła też ciekawe i uzasadnione stwierdzenie, a mianowicie, że zarówno siła, jak i asymetria walcowania dla procesu walcowania metalowych kompozytów warstwowych jest szczególnie ważne ze względu na silną wrażliwość faz międzymetalicznych na kruche pękanie prowadzące do mikropęknięć naderwań czy też całkowitego rozwarstwienia.

Uwagi i pytania:

5. Dlaczego w przypadku zarówno pierwszego, jak i drugiego przepustu dla najmniejszej siły i najmniejszej zastosowanej asymetrii nie uzyskano najlepszych rezultatów?
6. Proszę o wyjaśnienie, co zostało przedstawione na rysunku 42? Czy należy rozumieć, że w wariancie drugim przeprowadzono aż 8 przepustów, lecz po każdym prostowano wygiętą blachę kompozytową? Tylko dlaczego doktorantka napisała, że: „realizacja procesu prowadzona była dla optymalnych warunków procesu. Przeprowadzony proces był powtórzony dla trzech kolejnych blach kompozytowych warstwowych, a uzyskane wyniki badań były nie wykazywały różnic”. Skoro warunki były optymalne to po co prostowano blachy po przepustach zgodnie z rys. 26? Jak dobierano wartości asymetrii? Ponadto w opinii recenzenta należałoby najpierw dokładnie napisać, na czym polegał wariant nr 1 oraz wariant nr 2.
7. Dlaczego na rys. 43 nie widać pkt pomiarowych (grubości) przy gnioście 89.2 dla kompozytu oraz warstwy AlMg i Cu, a w tabeli 4 te grubości są podane?

W rozdziale 3.3.3 zatytułowanym przedstawiono wyniki badań dot. makro i mikrostruktury kompozytów warstwowych po asymetrycznym procesie walcowania. Na początku tego rozdziału doktorantka stwierdza, że na podstawie przeprowadzonych obserwacji po połączeniu kompozytu warstwowego metodą zgrzewania wybuchowego można stwierdzić, że krawędzie będące marginesami łączonych arkuszy są najbardziej narażone na pęknięcia i mikropęknięcia. Dlatego zaleca się ich odcinanie przed przystąpieniem do procesu kształtowania plastycznego.

Następnie Doktorantka dokonała analizy wad pojawiających się w obszarach połączeń, z której wynikało, że najczęściej obserwowano drobne mikropęknięcia w obszarze połączenia Al-Cu. Obszar połączenia warstw Al-AlMg5 zarówno po bezpośrednim połączeniu jak również po procesie walcowania nie wykazywał podatności na powstawanie mikropęknięć.

Co prawda Doktorantka tego nie napisała w tym rozdziale, ale można wyciągnąć wniosek, że dobór współczynnika asymetrii pozwala na uzyskanie prawidłowych próbek kompozytowych.

Natomiast do tego podrozdziału jest dużo uwag merytorycznych, edycyjnych i informacyjnych.

Uwagi i pytania:

8. Co widać na rys. 44. Wcześniej podano inne grubości blach dla poszczególnych warstw, a tu widać, jakoby blacha Al i Cu miały po 4-5 cm.
9. Co wynika z tego zdania: „Dokonując analizy można stwierdzić, że połączenie zarówno sił nacisku oraz naprężeń w obszarze połączenia związanych z nierównomiernością odkształcenia warstw doszło do ich kruchego pęknięcia i w końcowym etapie rozwarstwienia.”
10. Skąd wzięła się próbka dla wariantu II po drugim przepuszczeniu z asymetrią 1.0, skoro takiej nie pokazano na rys. 42?
11. Skąd wiadomo z rys. 48, że połączenia warstw Al-M1E zaobserwowano obszary faz międzymetalicznych, a dla połączenia warstw Al-AlMg5 nie zaobserwowano występowania faz międzymetalicznych?
12. Gdzie wcześniej w tekście wspomniano, że dla wariantu I próbki walcowano z gniosem 89.2%? Można jedynie znaleźć tabele, w których jest informacja o gnioście 12 i 27% dla wariantu I. Proszę o wyjaśnienie?

W rozdziale 3.3.4. Wytrzymałość obszarów połączeń na ścinanie doktorantka przeprowadziła badania i analizy wytrzymałości połączeń. Wyniki są ciekawe, ale opisane w bardzo enigmatyczny i chaotyczny sposób, co powoduje, że nie wiadomo, czy można je ze sobą porównywać.

Uwagi i pytania:

13. Czy próbki na rys. 56 miały podcięcia?
14. Czy do tych badań wzięto tylko próbki „dobre” ? Jakiej asymetrii były dla tych próbek w tabeli 5? dla jakiego wariantu?

W rozdziale 3.3.5 dokonano pomiaru oraz analizy uzyskanych wyników mikrotwardości. Wyniki są ciekawe, ale i zaskakujące. Szkoda, że doktorantka nie pokusiła się o bardziej wnikliwą i obszerniejszą ich analizę (dla większej liczby próbek).

Uwagi i pytania:

15. Czy spadek twardości dla warstwy Cu po I przepuszczeniu w stosunku do kompozytu wyjściowego można tłumaczyć wyginaniem się blachy? W opinii recenzenta spadku twardości dla Cu po I przepuszczeniu należy szukać gdzieś indziej. Czemu takiego analogicznego spadku nie zaobserwowano dla prób wytrzymałościowych dla połączenia Cu-Al.?
16. Czy dla testów wytrzymałościowych oraz pomiarów twardości badania prowadzono dla wszystkich próbek: dobrych i z wadami? Bowiem trudno jest taką informację znaleźć w tekście. Natomiast można domyślić się, że badania te prowadzono dla wszystkich próbek i dlatego nasuwa się pytanie, czy te wyniki można prawidłowo interpretować, bowiem, skoro próbka była „wadliwa”, to czy uzyskany wynik siły ścinania, czy wartość mikrotwardości są porównywalne?

Rozdział 3.3.6 jest podsumowaniem przeprowadzonych badań. Doktorantka dobrze opisała i zinterpretowała otrzymane wyniki. Wskazała na kluczowe aspekty, czyli dla których połączeń należy poświęcić najwięcej badań, bowiem są problematyczne. Podobnie zasygnalizowała kluczowe problemy podczas walcowania wytworzonych kompozytów, czyli dobór asymetrii kinetycznej ASK w celu uzyskiwania prostych odcinków kompozytu pozbawionych defektów na połączeniach. Doktorantka słusznie zauważyła, że występujące mikropęknięcia i pęknięcia faz międzymetalicznych pojawiają się najczęściej podczas wyginania walcowanego pasma i poddawania go operacji prostowania. Na koniec tego rozdziału doktorantka postawiła prawidłowe stwierdzenie, które bezpośrednio odnosi się do tezy i celu pracy, że na podstawie uzyskanych wyników badań wykazano, że zastosowanie metody zgrzewania wybuchowego oraz asymetrycznego procesu walcowania jest uzasadnione technologicznie. Dobór optymalnych parametrów procesów łączenia i kształtowania plastycznego ma wpływ na poprawę właściwości funkcjonalnych płaskich kompozytów warstwowych.

W rozdziale 3.3.7 Doktorantka przedstawiła analizę Ocena możliwości wdrożenia asymetrycznego procesu walcowania kompozytowych blach warstwowych do praktyki przemysłowej dla konkretnej firmy przemysłowej Huzap z Bytomia. Dokonała analizy zalet i wad firmy oraz głównych ryzyk oraz zagrożeń takiego wdrożenia w oparciu o metodę Ishikawy. Przeprowadzona analiza wykazała, że Wprowadzenie asymetrii kinetycznej ASR do procesu wytwarzania nie tylko pozwala na wytwarzanie kompozytowych wyrobów płaskich o oczekiwanych właściwościach funkcjonalnych, ale również znacząco przyczynia się do obniżenia kosztów produkcji. Na tej podstawie kalkulacja wykonana przez firmę Huzap pozwoliła wyciągnąć wnioski, że rozbudowa linii produkcyjnej będzie skutkować obniżeniem kosztów energii oraz roboczogodziny na poziomie ok. 10%- 12 %. Tym samym doktorantka stwierdziła, że zasadnym jest implementowanie go do warunków przemysłowych. W opinii recenzenta w rozdziale tym w aspekcie wdrożenia procesu asymetrycznego walcowania blach kompozytowych brak jest uwzględnienia samego procesu zgrzewania wybuchowego na dalszy proces technologiczny, czyli asymetryczne walcowanie. Bowiem, jak wykazała doktorantka w rozdziale 3.3.1 już samo wytworzenie kompozytu jest kluczowe dla dalszej technologii jego obróbki.

Rozdział 4, zatytułowany: „**Podsumowanie i wnioski**” jest napisany prawidłowo, a doktorantka opisuje najważniejsze kwestie dotyczące przeprowadzonych badań wyciągając najistotniejsze wnioski i spostrzeżenia. Przy czym rozdział ten jest podobny do rozdziału 3.3.6 i w opinii recenzenta można by rozbudować ten rozdział o kierunki dalszych badań w tym ciekawym obszarze dotyczącym zarówno wytwarzania, jak i przeróbki kompozytowych blach warstwowych.

Podsumowanie

Zaproponowana metodyka badań jak również jej zastosowanie należy uznać za wartościowe i oryginalne osiągnięcia Autora pracy. W szczególności należy wskazać na duży aspekt aplikacyjny proponowanego rozwiązania, gdyż wykorzystanie walcowania asymetrycznego wraz z prognozowaniem obszarów występowania pęknięć, nieciągłości, rozwarstwień oraz innych defektów materiału jest cenne dla przemysłowych procesów walcowania.

Wymienione powyżej wątpliwości i uwagi krytyczne (zwłaszcza związane z trudnością w możliwości porównania i interpretacji wyników wskutek braku wystarczających opisów i wyjaśnień w tekście), nie obniżają istotnie końcowej oceny pracy, gdyż uważam je raczej jako uwagi dyskusyjne, które mogą być pomocne przy dalszych badaniach mgr inż. Katarzyny Kubik, a które mogą zostać zweryfikowane i rozwiązane w warunkach przemysłowych, co też autorka proponuje. Mam również w pełni świadomość złożoności oraz czasochłonności przeprowadzonych licznych badań i testów oraz przygotowywaniem próbek do poszczególnych badań.

Wniosek końcowy

Stwierdzam, że przedłożona mi do opinii rozprawa doktorska pt.: „Kształtowanie *właściwości funkcjonalnych walcowanych kompozytów warstwowych AlMg-Al-Cu*” w której mgr inż. Katarzyna Kubik:

- zadawalająco rozwiązała problemy o ważnym znaczeniu poznawczym i technologicznym z zakresu problematyki przygotowania warstwowych blach kompozytowych oraz prowadzeniu i analizie procesów walcowania z asymetrią kinetyczną,
- wykazała niezbędną wiedzę z zakresu przedmiotu pracy i umiejętność twórczego prowadzenia badań eksperymentalnych oraz ich analizy, spełnia wymagania wynikające z Ustawy „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce”. W związku z tym wnoszą o przyjęcie rozprawy mgr inż. Katarzyny Kubik i dopuszczenie jej Autora do publicznej obrony.

Marek Hawryluk
Marek Hawryluk