

Recenzja pracy doktorskiej

Macieja Wojtaszaka

pod tytułem **„Wpływ energii liniowej łuku spawalniczego na strukturę i właściwości złączy ze stali DD11 i DD14”**

*promotor: **prof. dr hab. inż. Janusz Adamiec,**
opiekun pomocniczy: **Liene Giertmane - Done***

*opracowana na zlecenie Rady Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki
Śląskiej, pismo z dnia 21.05.2025 r. nr RDIMa/RM/70/2025*

I. Ocena wyboru tematu rozprawy

Postępujące zmiany gospodarcze oraz rosnąca konkurencyjność globalna wymuszają na przedsiębiorstwach przemysłowych wdrażanie nowoczesnych, wysokowydajnych i energooszczędnych technologii wytwarzania. Jednym z kluczowych sektorów wymagających innowacji technologicznej jest przemysł produkcji felg specjalnego zastosowania – wykorzystywanych m.in. w rolnictwie, przemyśle górniczym czy leśnym. Produkty te są eksploatowane w ekstremalnych warunkach, gdzie niezawodność, trwałość i odporność na korozję decydują o bezpieczeństwie i efektywności pracy.

Konstrukcja felgi, jako elementu mechanicznego pracującego w układzie felga–obrzęcz–opona, stawia przed inżynierami istotne wyzwania materiałowe, technologiczne i konstrukcyjne. Jednym z krytycznych aspektów produkcji felg jest proces łączenia stalowych elementów – pierścienia i dysku – realizowany metodami spawalniczymi. Złącze spajane jest integralnym elementem konstrukcyjnym, decydującym o wytrzymałości całego wyrobu. Właściwości mechaniczne, odporność na pękanie czy korozję, a także stabilność wymiarowa złącza – są bezpośrednio zależne od energii liniowej wprowadzonej do materiału oraz od zastosowanej technologii spajania.

Wybór przez Autora obszaru badawczego z naukowego punktu widzenia wnosi wkład w rozwój wiedzy z zakresu nowoczesnych i wysokowydajnych procesów spawalniczych. Z technologicznego punktu widzenia umożliwia dobór i optymalizację technologii spawalniczych dla konkretnych warunków produkcyjnych. Natomiast aspekt praktyczny pracy dotyczy wdrożenia

rzeczywistego rozwiązania przemysłowego z wymiernymi korzyściami ekonomicznymi. Treść i zakres pracy w pełni wpisuje się w dyscyplinę naukową inżynieria materiałowa.

II. Ogólna charakterystyka i ocena formalna pracy

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska liczy 171 stron, na które składają się spis treści, wprowadzenie, analiza literaturowa poruszająca cztery tematycznie powiązane z pracą zagadnienia, podsumowanie zawierające najważniejsze aspekty tej analizy, teza i cele pracy, dwa obszernie rozdziały badań własnych, rozdział poświęcony analizie ekonomicznej zastosowania nowych technologii spawania felg specjalnego zastosowania, analiza wyników badań, wnioski, spis literatury oraz streszczenie w języku polskim i angielskim. W pracy zamieszczono 39 tabel, 16 wzorów oraz 105 rysunków. Analiza literaturowa obejmuje 152 pozycje.

Praca rozpoczyna się wprowadzeniem przybliżającym czytelnika z problematyką rozprawy. Kolejne rozdział to przegląd literatury składający się z czterech podrozdziałów dotyczących wymagań prawnych i technicznych stawianych felgom, materiałów stosowanych do ich produkcji, technologii wytwarzania felg specjalnych w firmie Yokohama-TWS (co jest zrozumiałe z uwagi na fakt, że rezultaty pracy są przedmiotem wdrożenia w tym zakładzie) oraz przeglądu metod spawalniczych ich łączenia. Część teoretyczną, przedstawioną na 50 stronach, zakończono podsumowaniem, po którym sformułowano tezę pracy oraz określono cele metodyczne, poznawcze i użytkowe, dla osiągnięcia których przedstawiono program badań. Uważam, że część teoretyczna zawiera odpowiednio dobrane treści, które wprowadzają czytelnika w problematykę rozprawy.

Dalsza część pracy podzielona jest na trzy główne etapy, obejmujące szerokie spektrum badań symulacyjnych oraz eksperymentalnych, analizę ekonomiczną oraz analizę wyników badań z wykorzystaniem metod statystycznych. Na wstępie scharakteryzowano materiał do badań, który stanowiły stale niskowęglowe w gatunku DD11 i DD14. Następnie opisano metodykę badań nieniszczących, metalograficznych, właściwości mechanicznych oraz odporności korozyjnej w warunkach mgły solnej i atmosferze wilgotnych związków siarki, symulujących warunki pracy felgi. Następny podrozdział poświęcono badaniom symulacyjnym procesów spawania felg specjalnego zastosowania z wykorzystaniem programu Visual WELD. Podrozdział rozpoczyna się od przedstawienia podstaw teoretycznych symulacji numerycznych procesów spawania, charakterystyce programu symulacyjnego oraz opisie zastosowanych modeli matematycznych. Ta część podrozdziału mogła by być umieszczona w metodyce badań. Opracowano modele numeryczne, zdefiniowano warunki brzegowe i przeprowadzono symulacje dla procesu spawania hybrydowego, laserowego oraz metodą MAG. Analizowano rozkłady faz wynikających z różnego oddziaływania ciepła symulowanych metod spawania, rozkłady odkształceń całkowitych, rozkłady naprężeń średnich, rozkłady naprężeń zredukowanych oraz rozkłady skumulowanego odkształcenia plastycznego po procesie spawania. Podrozdział zakończono podsumowaniem. Kolejny podrozdział dotyczy doboru parametrów technologicznych celem przeprowadzenia prób technologicznych łączenia stali w gatunku DD11 i DD14, z zastosowaniem metody zgrzewania oporowego, metody MAG, metody MAG z podwójnym pulsem, lasera oraz metody hybrydowej laser + MAG.

Przedstawiono tutaj wytypowane parametry procesów łączenia metodami spawalniczymi, powołując się na próby wstępne oraz dane literaturowe. Następnie określono cykle cieplne podczas spawania stali DD11 z zastosowaniem tych metod. Niestety, opisu metodyki badań cykli cieplnych nie podano, a wyników badań nie skomentowano. W kolejnym podrozdziale zaraportowano, że przeprowadzone badania wizualne, penetracyjne oraz radiograficzne wykonanych złączy spawanych spełniają wymagania poziomu jakości B wg stosownych norm dla spawania łukowego, laserowego, hybrydowego oraz zgrzewania oporowego. Następnie przedstawiono wyniki badań makrostruktury, pomierzono geometrię złącza spawanego oraz wielkość SWC. Z zastosowaniem mikroskopii optycznej oraz skaningowej zidentyfikowano oraz opisano składniki mikrostruktur poszczególnych złączy spawanych. W wyniku przeprowadzonej mikroanalizy składu chemicznego wykazano obecność nielicznych, typowych wtrąceń niemetalicznych w spoinach. Następnie przedstawiono wyniki badań z przeprowadzonej statycznej próby rozciągania, próby zginania, próby udarności oraz rozkłady twardości złączy doczołowych ze stali w gatunku DD11 i DD14. Stwierdzono, że właściwości mechaniczne analizowanych złączy doczołowych spełniają wymagania poziomu jakości B wg odpowiednich norm. Jednak w przypadku spawania laserowego stwierdzono, że ujawnione w badaniach mikroskopowych liczne pęcherze gazowe, obecne w złączu, nie spełniają wymagań poziomu jakości B. Z kolei przedstawiono wyniki badań odporności na korozję w mgie solnej oraz atmosferze zawierającej związki siarki. Produkty korozji zidentyfikowano stosując mikroanalizę składu chemicznego EDS w postaci analiz punktowych oraz map rozkładu pierwiastków na badanych powierzchniach. Wyniki tych badań uzupełniono o analizę fazową z zastosowaniem dyfrakcji rentgenowskiej XRD. Niestety nie podano nazwy urządzenia ani parametrów badania. Procesy korozji dla jonów chlorkowych oraz jonów siarczanowych opisano równaniami chemicznymi. Stwierdzono podobną odporność złączy niezależnie od zastosowanej technologii spawania oraz spawanej stali. Kolejny rozdział poświęcono próbie analizy ekonomicznej metod łączenia będących przedmiotem dysertacji, przyjmując jako kryterium czas potrzebny na połączenie elementów felgi o specjalnym zastosowaniu oraz czas potrzebny na jej obróbkę ubytkową. Jako narzędzia zastosowano analizę SIPOC (analizę dostawców, wejść, procesów, wyjść i klientów) oraz mapowanie strumienia wartości (Value Stream Mapping) dla procesu produkcji felg. Stwierdzono, że spawanie laserowe, z uwagi na obecność pęcherzy w złączu spawanym oraz wysoki koszt wdrożenia technologii do procesu produkcyjnego, nie będzie brany pod uwagę. Z uwagi na przyjęte kryteria ekonomiczne, rekomendowano technologie spawania hybrydowego, spawania MAG z podwójnym pulsem oraz zgrzewania oporowego, które okazały się zdecydowanie szybsze od dotychczas stosowanej metody MAG. Następny rozdział poświęcono analizie wyników badań. Dopiero w tym rozdziale Autor przedstawił metodologię obliczania energii liniowej oraz jej wartości dla poszczególnych metod spawalniczych. Następnie Autor przeprowadził szeroką analizę statystyczną wyników pomiarów twardości, zwiększając wiarygodność przedstawionych wyników badań. Z kolei dokonano analizy wyników badań otrzymanych ze statycznej próby rozciągania, próby zginania, próby udarności, badań mikrostruktury. Szeroką analizę statystyczną Autor przeprowadził również dla badań odporności korozyjnej w atmosferze mgły solnej oraz w atmosferze zawierającej związki siarki. Rozdział zakończono stwierdzeniem, że po uwzględnieniu aspektów technologicznych, ekonomicznych oraz

kosztów wdrożenia, do łączenia cylindra felg specjalnego zastosowania rekomenduje się proces zgrzewania, natomiast do łączenia pierścienia felgi z dyskiem, zaleca się wdrożenie technologii hybrydowej lub MAG z podwójnym pulsem. Zasadniczą część pracy Autor zakończył wnioskami, które są odpowiedzią na postawioną tezę pracy. Część badawczą rozprawy, zawierającą analizy numeryczne, próby technologiczne, szeroki zakres badań laboratoryjnych oraz analizy ekonomiczne, do których dobrano odpowiednie metody badawcze oraz analizę wyników popartą analizą statystyczną, oceniam pozytywnie.

Rozprawa doktorska napisana jest poprawnie merytorycznie i zrozumiałym językiem, a zastosowana terminologia techniczna ogólnie jest poprawna, chociaż Autor nie ustrzegł się drobnych błędów stylistycznych, edytorskich oraz niezręczności językowych. Podsumowując, opiniowana rozprawa doktorska spełnia wymagania formalne, zwyczajowo przyjęte dla tego typu prac naukowych.

III. Ocena merytoryczna rozprawy doktorskiej

Przedmiotem dysertacji przedstawionej do recenzji było podjęcie próby oceny możliwości wdrożenia nowoczesnych oraz wysokowydajnych, spawalniczych metod łączenia w procesie produkcji felg specjalnego zastosowania, które zapewnią właściwości mechaniczne i użytkowe złączy zgodne z wymaganiami klienta oraz wytycznymi ETRTO (European Tyre and Rim Technical Organisation). Badania prowadzono na stalach niskowęglowych w gatunku DD11 i DD14, powszechnie stosowanych do produkcji felg specjalnego zastosowania. Oprócz standardowej metody łączenia MAG, stosowanej dotychczas firmie Yokohama-TWS, producenta felg specjalnego zastosowania, w pracy podjęto próbę opracowania parametrów technologicznych oraz oceny jakości złączy spawanych wykonanych z zastosowaniem spawania laserowego, spawania hybrydowego laser + MAG, spawania metodą MAG z podwójnym pulsem oraz zgrzewania oporowego.

Rozprawa doktorska ma znaczenie naukowe w zakresie poznania wpływu energii liniowej procesów spawalniczych na strukturę i właściwości złączy ze stali stosowanych na felgi specjalne.

Prace badawcze miały na celu opracowanie parametrów technologicznych wykonywania złączy z zastosowaniem nowoczesnych, wysokowydajnych procesów spawalniczych, spełniających odpowiednie wymagania i wytyczne oraz ocenę możliwości ich wykorzystania w procesie produkcji, w aspekcie poprawy jakości oraz zwiększenia wydajności produkowanych felg specjalnego zastosowania.

Autor dysertacji sformułował jedną tezę pracy: *„Energia liniowa łuku spawalniczego oraz moc wiązki laserowej decydują o strukturze i właściwościach złączy, a tym samym o możliwym zastosowaniu nowoczesnych wysokowydajnych procesów łączenia w produkcji felg specjalnego zastosowania, spełniających wymagania klienta zgodnych z wytycznymi ETRTO”*.

Mam pewne wątpliwości co do uproszczenia drugiej części tezy, dotyczącej mocy wiązki laserowej. Założenie to jest słuszne w przypadku, gdy nie zmienia się jej ogniskowa. Natomiast przy tej samej mocy, zmieniając ogniskową wiązki, zmienia się gęstość mocy, czyli zmienia się ilość energii liniowej wprowadzonej do materiału, tym samym decydując o strukturze i właściwościach złączy. Takie uproszczenie sugeruje, że Autor w dalszych

rozważaniach dotyczących spawania laserowego nie będzie brał pod uwagę zmiany ogniskowania wiązki. Poza tą drobną wątpliwością, sformułowana teza dobrze wskazuje obszar badawczy do udowodnienia, stanowiąc nowe podejście do rozwiązania przedmiotowego zagadnienia w skali przedsiębiorstwa.

Dla udowodnienia postawionych tez oraz realizacji celów pracy, Doktorant zrealizował szeroki zakres prac badawczych o charakterze interdyscyplinarnym, obejmujących:

1. Analizy numeryczne pola temperatur, naprężeń i odkształceń podczas spawania metodą laserową, metodą MAG oraz metodą hybrydową laser + MAG.
2. Przeprowadzenie prób technologicznych spawania metodą laserową, metodą MAG z podwójnym pulsem, metodą hybrydową laser + MAG, metodą MAG oraz dla zgrzewania oporowego, celem dobrania parametrów procesu spawania, przyjmując jako kryterium dla złączy poziom jakości B.
3. Badania laboratoryjne, obejmujące ocenę jakości połączeń z zastosowaniem badań nieniszczących (badania wizualne, penetracyjne, rentgenowskie), badań niszczących (statyczna próba rozciągania, próba zginania, badania udarności, rozkład twardości), badań odporności korozyjnej w warunkach mgły solnej i atmosferze wilgotnych związków siarki, symulujących warunki pracy felgi, badań metalograficznych (mikroskopia optyczna oraz skaningowa z mikroanalizą składu chemicznego).
4. Analizę aspektów ekonomicznych zastosowania nowej technologii spawania w produkcji felg specjalnego zastosowania (jako narzędzia zastosowano analizę SIPOC oraz mapowanie strumienia wartości dla procesu produkcji felg).

Szeroki zakres badań wykonany w pracy doktorskiej świadczy o dobrym rozeznaniu Autora dysertacji w najnowszych trendach badawczych i tematyce dotyczącej nowoczesnych oraz wysokowydajnych, spawalniczych metod oraz metodyce ich badań. Analiza otrzymanych wyników badań eksperymentalnych, poparta analizą numeryczną oraz analizą ekonomiczną, pozwoliła Doktorantowi na sformułowanie 11 wniosków. Opracowane wnioski są trafne, wynikają z uzyskanych wyników badań i świadczą o umiejętności Autora do syntezy. Świadczą również o szerokiej wiedzy teoretycznej oraz praktycznej Autora z zakresu inżynierii materiałowej w obszarze technologii spawalniczych oraz potwierdzają słuszność założonej tezy.

Do najważniejszych osiągnięć pracy należy uznać:

- 1) Opracowanie modeli numerycznych dla procesów spawania hybrydowego laser + MAG, spawania laserowego oraz spawania metodą MAG.
- 2) Określenie cykli cieplnych dla spawania hybrydowego laser + MAG, spawania laserowego, spawania metodą MAG, spawania metodą MAG z podwójnym pulsem oraz zgrzewania oporowego.
- 3) Zbadanie wpływu czynników technologicznych i strukturalnych na odporność na korozję elektrochemiczną.
- 4) Ocenę aspektów ekonomicznych zastosowania nowej technologii spawania w produkcji felg specjalnego zastosowania.
- 5) Określenie wpływu energii liniowej łuku i mocy wiązki laserowej na strukturę i właściwości mechaniczne złączy ze stali stosowanych na felgi specjalnego zastosowania.

- 6) Opracowanie wytycznych technologicznych do kwalifikowania technologii spawania felg z zastosowaniem wysokowydajnych technologii spawalniczych, w procesie produkcji felg specjalnego zastosowania.

Sposób realizacji założonego celu pracy, zastosowane metody badawcze oraz sposób realizacji wieloetapowych badań eksperymentalnych oraz rozważań teoretycznych oceniam pozytywnie. Autor jest dobrze zorientowany w poruszanej problematyce zastosowania nowoczesnych, wysokowydajnych procesów spawalniczych w procesie produkcji, w aspekcie poprawy jakości oraz zwiększenia wydajności produkowanych felg specjalnego zastosowania. Rozprawa doktorska ma znaczenie naukowe w zakresie rozszerzenia wiedzy dotyczącej wpływu energii liniowej łuku spawalniczego oraz mocy wiązki lasera na strukturę i właściwości złączy spawanych ze stali DD11 i DD14, powszechnie stosowanych w produkcji felg specjalnego zastosowania. Należy podkreślić, że przedstawiona do recenzji rozprawa mgr. inż. Macieja Wojtaszaka zawiera obszerny materiał badawczy o wysokim potencjale użytkowym.

Dokonując podsumowania merytorycznej strony opiniowanej rozprawy stwierdzam, że jej osiągnięciem naukowym jest poszerzenie wiedzy dotyczącej wpływu energii liniowej procesów spawalniczych na strukturę i właściwości złączy spawanych ze stali DD11 i DD14, powszechnie stosowanych w produkcji felg specjalnego zastosowania. Wyniki badań mają duże znaczenie praktyczne i wnoszą nową wiedzę w teorię i praktykę opracowywania parametrów technologicznych wykonywania złączy z zastosowaniem nowoczesnych, wysokowydajnych procesów spawalniczych.

IV. Uwagi szczegółowe i pytania

Powyżej przedstawiono pozytywną ocenę formalną oraz merytoryczną rozprawy doktorskiej. Nieliczne usterki edytorskie oraz błędy stylistyczne zostały przekazane i omówione z Autorem rozprawy. Poniżej przedstawiam uwagi i sugestie do uwzględnienia przy kolejnych opracowaniach oraz pytania do Autora dysertacji.

1. Uwaga do tytułu pracy. Tytuł pracy brzmi: „Wpływ energii liniowej łuku spawalniczego na strukturę i właściwości złączy ze stali DD11 i DD14.” Oznaczało by to, że Autor skupił się tylko na metodach spawania łukowego. A przecież w pracy zajmowano się procesami spawalniczymi wykraczającymi poza metody łukowe łączenia elementów felg specjalnego zastosowania, a mianowicie zgrzewaniem oporowym, spawaniem laserowym czy spawaniem hybrydowym. Stąd tytuł pracy nie oddaje w pełni zakresu prac badawczych, zrealizowanych przez Doktoranta.
2. Uwaga do pracy. Wzory zamieszczone na stronach 11, 14 oraz 61 nie zostały oznaczone.
3. Uwaga do pracy. Tabela 2.2.5. Błędnie podano wartości wydłużenia dla stopów aluminium. Prawdopodobnie pomyłono je z wartościami twardości HB.
4. Uwaga do pracy. Str. 55. Rys. 3.2.3.1. Nie podano wszystkich wymiarów próbki do statycznej próby rozciągania, a w tabeli 3.5.3.1 na stronie 92 pojawia się nowe

oznaczenie jednego z wymiarów próbki „ t_s ” – zapewne jest to grubość próbki oznaczona na rys. 3.2.3.1. symbolem „ a_0 ”.

5. Uwaga do pracy. Str. 56. Autor pisze, że „Badanie twardości przeprowadzono przy obciążeniu HV10 (98,1 N)”. natomiast na stronach 140-141 wyniki twardości podaje przy obciążeniu HV5.
6. Uwaga do pracy. Zdaniem recenzenta Autor powinien położyć większy nacisk na korelację energii liniowej z uzyskanymi wynikami badań w aspekcie ilościowym. We wnioskach Autor pisze, że wyniki badań potwierdziły przyjętą tezę, że energia liniowa łuku oraz moc wiązki laserowej decyduje o strukturze i właściwościach złączy. Oczywiście jest to słuszne stwierdzenie, ale Autor nie podjął próby znalezienia bezpośrednich związków pomiędzy energią liniową analizowanych procesów spawalniczych z np. geometrią spoiny, wielkością SWC czy twardością.
7. Pytanie do Autora. Co było podstawą przyjęcia współczynnika sprawności cieplnej lasera na poziomie 0,9 (str. 65, tab. 3.3.1) i następnie 0,8 (str. 67, tab. 3.3.2)?
8. Pytanie do Autora. Str. 80. Brak opisu metodyki pomiarów cykli cieplnych. Jakie termoelementy stosowano? W jaki sposób rejestrowano zmiany temperatury? Czy termoelementy były mocowane tylko na powierzchni blachy? W jaki sposób pomierzono w metodzie MAG z podwójnym pulsem temperaturę w odległości 5 mm od osi spoiny (str. 83, rys. 3.4.2.5), skoro szerokość spoiny wynosiła 14 mm (str. 85, tabela 3.5.2.1), a więc termoelement umieszczony na powierzchni blachy musiał by się znaleźć w jeziorku z ciekłym metalem.
9. Pytanie do Autora. Strona 122. Tabela 5.2. Wartości energii liniowych dla spawania hybrydowego oraz metody MAG w rzeczywistym procesie różnią się od wartości przyjętych w analizach numerycznych (str. 65, tab. 3.3.1 oraz str. 69, tab. 3.3.3). Z czego wynikają te rozbieżności?
10. Pytanie do Autora. W przypadku spawania laserowego brak jest danych dotyczących średnicy wiązki lasera oraz ogniskowej. Ile wynosiły te wartości? Czy w spawaniu laserowym oraz hybrydowym ogniskowa lasera miała tę samą wartość? Na str. 119 Autor pisze: *„Ponieważ próby wykorzystania spawania laserowego cylindra wykazały powstawanie pęcherzy, które mogą wpłynąć na właściwości mechaniczne złącza oraz na koszt wdrożenia tej technologii, proces ten nie jest brany pod uwagę.”* Metodę spawania laserowego wykluczono z dalszych rozważań, gdzie jedną z głównych przyczyn były występujące w spoinie pęcherze. Zdaniem recenzenta możliwe jest opracowanie parametrów spawania laserowego blach ze stali niskowęglowych, bez obecności pęcherzy gazowych w spoinie. Stąd kolejne pytania. Czy Autor przeprowadzał próby spawania laserowego bez dodatkowego spoiwa również z głowicą pochyloną? Czy było brane pod uwagę zastosowanie drutu spawalniczego w procesie spawania laserowego?

V. Wniosek końcowy

Wymienione wyżej uwagi nie obniżają w istotnym stopniu wartości naukowej pracy. Praca przedstawia oryginalne opracowanie zagadnienia mającego znaczenie naukowe i potencjał aplikacyjny, w której Doktorant wykazał:

- wiedzę z zakresu przedmiotu pracy,
- umiejętności planowania oraz prowadzenia prac badawczych o charakterze interdyscyplinarnym,
- umiejętności właściwego doboru technik badawczych,
- umiejętności formułowania prawidłowych wniosków w oparciu o uzyskane wyniki.

Autor dysertacji osiągnął założony cel pracy, a uzyskane wyniki badań wnoszą oryginalny wkład naukowy i praktyczny w teorię i praktykę opracowywania parametrów technologicznych wykonywania złączy z zastosowaniem nowoczesnych, wysokowydajnych procesów spawalniczych.

Podsumowując stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Macieja Wojtaszaka pt. „Wpływ energii liniowej łuku spawalniczego na strukturę i właściwości złączy ze stali DD11 i DD14” spełnia wymagania określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (z późn.zm.) i wnioskuję o jej dopuszczenie do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa.

prof. Mirosław Tupaj

/podpis odręczny/

*wyłączenie jawności w zakresie danych osobowych oraz ochrony prywatności osoby fizycznej na podstawie art. 5 ust. 2 ustawy z dnia 6 września 2001 r. o dostępie do informacji publicznej (tj. Dz.U. z 2016 r., poz. 1764)