

dr hab. inż. Wojciech Błazejewski
Katedra Mechaniki, Inżynierii Materiałowej i Biomedycznej
Wydział Mechaniczny, Politechnika Wrocławska
Laboratorium Kompozytów Polimerowych i Konstrukcji Lekkich
ul. Smoluchowskiego 25, 50-372 Wrocław,
e-mail: wojciech.blazejewski@pwr.edu.pl

RECENZJA

rozprawy doktorskiej

pt. *Użycie preimpregnatów o niskiej gramaturze do wytwarzania metodą autoklawową płyt z kompozytu polimer-włókno węglowe zawierających krzywizny o małym promieniu,*

mgr inż. **Barbary Helizanowicz** z Politechniki Śląskiej,

wykonanej pod kierunkiem

Dr hab. inż. Mateusz Kozioł, Prof. Pol. Śl., Katedra Technologii Materiałowych – Promotor,

Dr inż. Aleksandra Bogdan-Włodek, WB Centrum Kompozytów Sp. z o.o. (dawniej Śląskie Centrum Naukowo-Technologiczne Przemysłu Lotniczego Sp. z o.o.) - Promotor pomocniczy.

Recenzję sporządzono na podstawie pisma nr RDIMa.512.13.2023 RM, z dnia 31 października 2023 r. od prof. dr hab. inż. Marii Sozańskiej, Przewodniczącej Rady Dyscypliny Inżynieria Materiałowa, w myśl uchwały nr 137/2023 Rady Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Śląskiej z dnia 24 października 2023 r.,

1. Wprowadzenie

Głównym celem podjętych przez Autorkę prac była ocena właściwości mechanicznych belek kompozytowych zawierających krzywizny, łuki o odpowiednich promieniach zaokrąglenia kształtu, wytworzonych metodą autoklawową. Cel osiągnięto poprzez przeprowadzenie szeregu badań porównawczych dwóch prepregów o odmiennej gramaturze i z tego wynikającą różną liczbą warstw laminatu. Przeprowadzono obszernie badania zarówno technologiczne, jak i testy mechaniczne wykonanych próbek. Autorka zrealizowała również cel tzw. wdrożeniowy związany z profilem zrealizowanej pracy doktorskiej, a mianowicie dokonała oceny efektywności stosowania prepregów o niskiej gramaturze w autoklawowym procesie wytwarzania kompozytowych struktur zawierających kłopotliwe w procesie formowania i użytkowania krzywizny. Przeprowadzone szerokie analizy wyników badań porównawczych dostarczyły wartościowych wytycznych dotyczących możliwości zastosowania i przetwarzania prepregów o niskiej gramaturze. Wyniki prac Doktorantka zebrała i również szeroko omówiła w podsumowaniu oraz cennych rekomendacjach i wytycznych wdrożeniowych zamieszczonych w końcowej części pracy. Doktorantka postawiła jedną i zwięzłą tezę, a mianowicie: „Zastosowanie *prepregu węglowo-epoksydowego o gramaturze 75 g/m² do wytwarzania struktur CFRP zawierających krzywizny, pozwoli na uzyskanie lepszej jakości i wytrzymałości wyrobu w stosunku do węglowo-epoksydowego prepregu o gramaturze 150 g/m²”.* Niestety tezy tej nie udało się jednoznacznie udowodnić, co w mojej ocenie nie jest żadnym uchybieniem. Słuszność postawionej tezy może nie została udowodniona, ale poprzez realizację obszernych prac badawczych postawiona teza została dogłębnie zweryfikowana bez tzw. niedomówień. Doktorantka wskazuje jakie aspekty technologiczne i badawcze przemawiają za stosowaniem prepregu grubego lub drobnego, prepregu standardowego lub o niskiej gramaturze.

Podsumowując, na wstępie, dokonania Autorki wskazują na eksperymentalny charakter przedstawionej pracy wzbogaconej dużą dawką wnikliwej i szerokiej analizy teoretycznej popartej własnymi przemyśleniami, spostrzeżeniami i pomysłami w poszukiwaniu różnic pomiędzy

analizowanymi prepregami. Tematyka badawcza podjęta w pracy jest oryginalna, o silnym znaczeniu poznawczym w zakresie inżynierii materiałów kompozytowych wzmocnionych włóknami, wytworzonych w technice autoklawowej. Narzędzia badawcze (maszyny wytrzymałościowe, technologiczne, techniki pomiarowe, sprzęt komputerowy z oprogramowaniem itd.) wykorzystane przy realizacji postawionych i osiągniętych celów są nowoczesne i unikatowe w skali kraju. Należy zaznaczyć, że wspomniane zagadnienia badawcze są aktualnymi i ważnymi problemami w zakresie badań podstawowych i stosowanych. Podejście Doktorantki do badań, projektowania, planowania eksperymentu, analizy wyników poprzedzonych wnikliwym przeglądem literatury jest trafne, rzeczowe i efektywne; użyte metody badawcze i wyposażenie technologiczne są oryginalne i profesjonalnie dobrane. Powyższe pozwala łącznie stwierdzić, że wybór tematyki badawczej, zawartej w przedłożonej rozprawie jest aktualny naukowo i aplikacyjnie oraz zawiera się w obszarze szeroko rozumianej inżynierii materiałowej jako dyscypliny naukowej.

W kontekście prac prowadzonych przez recenzenta dotyczących kompozytów, ciekawie zostały opisane próby określające wytrzymałość na ścinanie/rozciąganie międzywarstwowe. Szczególnie ciekawie wygląda próba CBS (wytrzymałość zakrzywionej wiązki). Recenzent podpatrzył ciekawy sposób przygotowania oryginalnego rdzenia, który mógłby wykorzystać w swoich zagadnieniach badawczych związanych z metodą nawijania włókna.

2. Charakterystyka pracy

Rozprawa doktorska pt. *Użycie preimpregnatów o niskiej gramaturze do wytwarzania metodą autoklawową płyt z kompozytu polimer-włókno węglowe zawierających krzywizny o małym promieniu*, liczy 227 stron wraz z towarzyszącymi spisami i załącznikami. Składa się z dziesięciu rozdziałów, spisu treści, krótkiego, jednostronnego wykazu skrótów i symboli oraz spisu obszernej i dobrze dobranej literatury. Spis literatury zawiera 213 prac (w tym normy oraz szereg stron internetowych z wyszczególnioną datą i godziną odczytania), z których znaczna większość to angielskojęzyczne o zasięgu międzynarodowym, w tym tylko dwie z udziałem Autorki. Sposób cytowania literatury standardowy, w nawiasach kwadratowych, liczby zgodne z kolejnością cytowania. Jest to wygodne dla Autorki, ale uciążliwe dla czytelnika, recenzenta, który woli zestaw w kolejności alfabetycznej. Nie wiadzie czemu dwie pozycje początkowe spisu zostały wytłuszczone, dopiero po pewnym czasie można zorientować się dlaczego. Wspomniane pozycje dotyczą samego Autora. Praca zawiera krótkie i zwięzłe streszczenia w języku polskim i angielskim, umieszczone w końcowej części pracy. Niepotrzebnie Autorka zadała sobie trud zamieszczając spis rysunków i spis tabel, nic to nie wnosi. Załączniki str. 184-223 stanowią integralną część pracy, spełniają ważny element uzupełniający. Pięć załączników zawierających wyraźne i kolorowe zdjęcia próbek oraz wykresy z badań. Autorka powołuje się w treści pracy pięć razy na kolejne załączniki, jednak ich nie omawia ani w pracy ani w samych załącznikach. Średnio na każdą stronę części merytorycznej pracy przypada jeden znaczący rysunek lub tabela, co dobrze świadczy o pracy, sygnalizuje, że praca jest bogato ilustrowana. Zamieszczono 36 formuł obliczeniowych, których symbole skrupulatnie zostały wyjaśnione bezpośrednio pod formułą, co jest bardzo dobrym rozwiązaniem, ale też wyjaśnia, dlaczego w spisie skrótów i symboli tych drugich brak.

Rozdziały 1 – 5 stanowią pierwszą część pracy, obszerny przegląd literatury na temat metod wytwarzania zaawansowanych wyrobów kompozytowych z charakterystyką i wykorzystaniem prepregów o niskiej gramaturze, a także problematyki wytwarzania wyrobów kompozytowych zawierających krawędzie o różnym stopniu zaokrąglenia. Przedstawiono przegląd aspektów badawczych, które wprowadzają czytelnika w strefę specjalistycznych technik i zagadnień użytkowych elementów kompozytowych, cienkowarstwowych struktur o krawędziach zakrzywionych otrzymanych z prepregów zaawansowaną techniką autoklawową.

W drugiej części pracy, rozdział 6 i 7, postawiono tezę pracy, określono cele oraz przedstawiono obszerny zakres pracy. Poprzez zdefiniowanie celu naukowego i wdrożeniowego,

wyznaczono kierunek oryginalnych działań badawczych, przygotowano plan badań. Opisano dobór i scharakteryzowano materiał badawczy.

Rozdziały 8 i 9 stanowią trzecią część pracy, którą poświęcono dokładnej charakterystyce, wnikliwej procedurze przeprowadzonych badań oraz procesów technologicznych, z uwzględnieniem zaobserwowanych analizowanych zależności. Zaprezentowano otrzymane wyniki i przeprowadzono ich analizę. Opracowano wnioski dotyczące zależności technologiczno-materiałowych oraz możliwości zastosowania badanych materiałów. Na tej podstawie omówiono też potencjalne kierunki rozwoju i dalszych prac Autorki.

W ostatnim, podsumowującym rozdziale 10 rozprawy przedstawiono wnioski i zalecenia wynikające z przeprowadzonych badań jako rekomendacje i wytyczne wdrożeniowe. Określono możliwości zastosowania prepregów o niskiej gramaturze do wytwarzania struktur kompozytowych zawierających zaokrąglenia krawędzi o różnych promieniach, a także zidentyfikowano ewentualne ograniczenia, mające służyć wskazaniu potencjalnych obszarów dalszego rozwoju technologii cienkowarstwowych laminatów.

Całość zamykają: szeroka i wyżej omówiona bibliografia, niepotrzebne spisy rysunków i tabel oraz na końcu pracy znajduje się pięć załączników, pogrupowanych dobrej jakości zdjęć materiału badawczego, w tym tomografii komputerowej oraz 20 wykresów zależności siły od przemieszczenia, zarejestrowane podczas badania wytrzymałości zakrzywionej belki przy zginaniu.

3. Uwagi krytyczne, pytania i sugestie

Ogólnie czytelnik czuje perfekcyjność i sumienne wykonanie badań, przedstawionych analiz wyników i wniosków oraz pozostałych części pracy. Przez to gubi się drobne niedociągnięcia w pracy, w tym redakcyjne drobne literówki w tabelach i inne mało znaczące uwagi wymienione poniżej. Struktura pracy jest poprawna i przejrzysta. Może być wzorcem dla innych prac doktorskich.

Uwagi i pytania szczegółowe:

1. Na str. 12 występuje niefortunne stwierdzenie: „*Prepregi mogą występować w postaci rowingu, tkanin i taśm jednokierunkowych*”. Wprowadza ono wątpliwości, co to jest prepreg jednokierunkowy? Jaka jest różnica w strukturze materiału między rowingiem, a taśmą jednokierunkową? Sprawę ułatwiłaby jasna definicja *prepregowej taśmy jednokierunkowej*, lub *rowingowej taśmy jednokierunkowej*, najlepiej w „wykazie skrótów, symboli oraz znaczeń, definicji”.

2. Wykaz skrótów i symboli, str. 8 (jedna strona, 22 pozycje), dotyczy tylko wyjaśnienia skrótów używanych w literaturze angielskiej (jedynie 2 są po polsku). Może należałoby wyjaśnić czytelnikowi polskojęzycznemu dla którego przeznaczona jest praca, co te skróty oznaczają po polsku w wolnym tłumaczeniu, pokusić się o polskie definicje oraz podać stronę w pracy, gdzie te sformułowania są omówione szerzej. W wykazie brak symboli, co jest zrozumiałe, ponieważ zamieszczono je zawsze pod występującymi w tekście formułami. Wykaz powinien również zawierać definicje angielskojęzycznych terminów (np. tych z obecnego wykazu czy terminów wymienionych na początkowych rysunkach pracy) oraz polskich określeń, np. co to jest włóknina breather (rys. 6.)?.

Sugeruje się zamienić obecny wykaz na: *Wykaz symboli, znaczeń i skrótów* oraz rozszerzyć i bardziej sprecyzować. Nie ma na rynku polskim żadnej literatury czy strony internetowej, która wyjaśnia używane przez Autorkę terminy.

3. Str. 19, rys. 7. jest mało precyzyjny, niedokładny, mocno uproszczony, a jest on kluczowy w rozumieniu kontekstu opisanych prac badawczych. Przedstawiony autoklaw powinien zawierać schemat, najlepiej formowania kątownika, bo takie elementy głównie były wykonywane. Może w połączeniu, odniesieniu do rys. 6. Termopary i przewód podciśnienia powinny wychodzić na zewnątrz autoklawu. Ciepło i ciśnienie też powinno mieć jakieś wejście zasilanie, pompę, manometr itp.

4. Zrozumiałym jest, że rysunki przedstawione w pracy (rys. 1, 3, 8, 9 - 13, 16, 18, 19, 23, 25, 35) są zapożyczone z innych prac angielskojęzycznych, o czym Doktorantka informuje, ale może warto by było przetłumaczyć opisy znajdujące się na rysunku stosując fachowe polskie nazewnictwo? Czytelnik nie musi znać specjalistycznego słownictwa anglojęzycznego oraz praca mogłaby stać się powszechniejsza w polskim przemyśle, może nawet zapoczątkować polskie nazewnictwo.
5. Rys. 10, str. 22 jest mało czytelny ze względu na jasno szare podpisy. Podobnie słabo czytelne są rys. 80 i 81, mało kontrastowe opisy wykresów i krzywe procesu utwardzania w przeciwieństwie np. do poprawnych rys. 108 - 110, str. 137.
6. Rys. 18, str. 36 należy powiększyć ze względu na słabo widoczne defekty struktury i zbyt małe opisy. Podobnie za mały jest rys. 26, str. 41, tym bardziej, że jest na to miejsce w pracy.
7. Rys. 86, str. 115 jest niejasny, podpis skąpy, wyjaśnienia w tekście ubogie.
8. Rozprawa jest zredagowana na bardzo dobrym poziomie, występują tylko nieliczne błędy i niezręczności językowe oraz niestandardowe i niestaranne zdania. Np. W pracy użyto około 15 razy słowa *baza*, w znaczeniu: składać się, zawierać, wykorzystując, główny, zbudowany z, za pomocą – i jeszcze wielu innych. Warto przemyśleć zastąpienie zbyt uniwersalnej *bazy* innymi określeniami.
9. Użyto ponad 30 razy słowa *zbrojenie* w odniesieniu do włókien wzmacniających materiał kompozytowy, Przykładowo można napisać: materiały wzmocnione włóknami są szeroko stosowane w przemyśle zbrojeniowym, albo: kompozytowe pręty zbrojeniowe wzmacniane włóknami. Jest to stara dobra szkoła prof. W. Królikowskiego, którą reprezentuje recenzent.
10. Czy Autorka ma w planie dalej zgłębiać zagadnienie technologiczne w technice autoklawowej z wykorzystaniem prepregów? Ciekawe by były również zagadnienia badawcze wyznaczone za pomocą belek, próbek typu omega, potrójnie zakrzywionych, które stosowali Wisnom i Jones, a także Kaczmarek, jak również badania wsparte pomiarem emisji akustycznej oraz modelowaniem MES. Recenzent zachęca do rozważenia tej rekomendacji.

4. Główne osiągnięcia pracy

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska, pomimo niedociągnięć, jest pracą wartościową, a po korekcie i uzupełnieniu, a także rozszerzeniu, powinna być opublikowana np. w formie monografii. Główne jej osiągnięcie to ocena właściwości mechanicznych belek, próbek kompozytowych zawierających zakrzywienia krawędziowe, o różnej geometrii. Próbkę wytworzono metodą autoklawową wykorzystując prepregi o niskiej i normalnej gramaturze. Dokonano oceny porównawczej tych materiałów. Szczegółowe osiągnięcia recenzowanej rozprawy przedstawiają się następująco:

1. Dokonano obszernego przeglądu literatury o zasięgu międzynarodowym w zakresie technik autoklawowych i technik wykorzystujących automatyczne wytwarzanie struktur kompozytowych, w tym prepregowych z wykorzystaniem robotów do wycinania, przygotowywania wsadu oraz wyklejania taśm rowingowych. W pracy zostało to wsparte rysunkami.
2. Przedstawiono właściwości prepregów w stanie nieutwardzonym, które wpływają na procesy formowania oraz powstawanie defektów w technologii autoklawowej - prepreg o gramaturze 75 g/m² ma porównywalny tzw. współczynnik zagęszczenia, ale większą o 9 ÷ 12% zmianę grubości w trakcie konsolidacji. Ma też 2,5 razy mniejszą sztywność przy zginaniu oraz nie wykazuje zdolności do odkształcenia poprzez ścinanie w płaszczyźnie. Prepreg o niskiej gramaturze jest bardziej podatny na powstawanie defektów podczas formowania i utwardzania wyrobów zawierających krzywizny.
3. Wykazano, że wytrzymałość na rozciąganie oraz na zginanie w kierunku 0°, a także maksymalne naprężenia ścinające podczas ścinania w płaszczyźnie, są porównywalne. Kompozyty z prepregów o gramaturze 75 g/m² wykazują natomiast wyższą o 34,5% wytrzymałość na rozciąganie w kierunku 90° oraz wyższą o 34% wytrzymałość na ścinanie międzywarstwowe.

Zastosowanie prepregu o niskiej gramaturze może więc poprawić właściwości kompozytu w przypadku obciążeń oddziałujących w płaszczyźnie.

4. Ustalono na podstawie oceny technologii formowania próbek zawierających krzywizny o różnej geometrii, że kształtowanie pojedynczej warstwy jest łatwiejsze dla prepregu o niskiej gramaturze ze względu na mniejszą sztywność przy zginaniu. Jednakże, cały proces jest wtedy bardziej czasochłonny. Jest też bardziej podatny na powstawanie defektów technologicznych, wynikających ze zmiany grubości w trakcie konsolidacji.

5. Zaobserwowano obecność defektów w większej ilości oraz o większych rozmiarach przy prepregu drobniejszym, wykazuje większą skłonność do powstawania defektów o podłożu technologicznym w trakcie utwardzania w autoklawie. Przeprowadzona kontrola obejmowała ocenę wizualną, pomiary geometryczne (zmianę grubości w obszarze promienia oraz kąta pomiędzy ramionami) oraz badania strukturalne metodą aktywnej termografii w podczerwieni i tomografii komputerowej obszaru reprezentatywnego. Rezultaty przeprowadzonej kontroli jakości utwardzonych kompozytów są zgodne z przewidywaniami wynikającymi z badań właściwości nieutwardzonych prepregów.

6. Wyznaczono wytrzymałość przy zginaniu zakrzywionej belki - jest zależna od geometrii krzywizny oraz modelu zniszczenia, który w zależności od badanego układu występował jako delaminacja lub pęknięcie poprzeczne w przekroju. Różnica pomiędzy zginaniem zakrzywionej belki próbek o tej samej geometrii zmienia się na korzyść prepregu o mniejszej gramaturze. Jest to sytuacja korzystna dla bardziej jednorodnego materiału, jakim jest laminat z drobnego prepregu.

7. Określono wytrzymałość na rozciąganie międzywarstwowe dla próbek, które uległy zniszczeniu poprzez delaminację. Kompozyty zawierające krzywizny, wykonane z prepregów o gramaturze 75 g/m^2 wykazują niższą wytrzymałość na rozciąganie międzywarstwowe. Różnica pomiędzy wytrzymałością dla obu badanych materiałów jest zależna od geometrii krzywizny i ogólnie jest mniejsza przy wyższych promieniach krzywizny i wyższych kątach rozwarcia.

8. Zarekomendowano wykorzystanie prepregu grubszego do wytwarzania kompozytowych struktur zakrzywionych, zawierających krzywizny o małych promieniach (4 mm) oraz małych kątach pomiędzy płaszczyznami tworzącymi krzywiznę (90°).

9. Rekomenduje się dla struktur o większych kątach pomiędzy płaszczyznami (120° i 150°) oraz większych promieniach krzywizny (12 i 36 mm) wykorzystanie prepregu drobnego. Ze względu na łatwiejszy proces formowania, wykorzystanie prepregu o niskiej gramaturze nie powinno też istotnie zwiększyć ryzyka powstania defektów o podłożu technologicznym.

10. W przypadku struktur o złożonych geometriach krzywizny, wykorzystanie prepregu o standardowej gramaturze zmniejsza ryzyko powstawania defektów o podłożu technologicznym.

Przeprowadzone badania stanowiły wstęp do oceny wpływu gramatury prepregu na procesy formowania i powstawania defektów podczas wytwarzania wyrobów w technologii autoklawowej oraz na wytrzymałość wyrobów zawierających krzywizny, zwłaszcza w warunkach obciążeń poza płaszczyzną. Poprzez realizację niniejszej pracy, zyskano cenną wiedzę na temat zależności, jakie występują podczas doboru gramatury materiału do wytwarzania wyrobów zawierających krzywizny, co przyczyniło się do zwiększenia wiedzy i świadomości na temat prepregów o niskiej gramaturze, które są przedmiotem nowych inwestycji realizowanych w przemyśle.

5. Podsumowanie

Temat rozprawy doktorskiej podjęty przez Panią mgr inż. Barbarę Helizanowicz - „*Użycie preimpregnatów o niskiej gramaturze do wytwarzania metodą autoklawową płyt z kompozytu polimer-włókno węglowe zawierających krzywizny o małym promieniu*”, jest tematem trudnym, ale także o dużym znaczeniu naukowym i praktycznym, ze względu na rosnący udział tego typu materiałów w zastosowaniach inżynierskich w naszym Kraju o znamionach *high tech*. Niezwykle rzadko dzisiaj spotykać można prace doktorskie o tak dużym i współczesnym aspekcie praktycznym, poruszające zagadnienia związane ze specyfiką wzmacniania wyrafinowanych konstrukcji kompozytowych, w tym lotniczych. Dlatego należy mieć dystans do drobnych potknięć

Autorki, z których większość przedstawiono powyżej. Gdyby to była praca habilitacyjna, należałoby wymagać innej, wyższej klasy, dobrze sprawdzonych eksperymentalnie modeli obliczeniowych MES, opisu badań i interpretacji wyników. Należy podkreślić, że w Polsce nie ma dobrych wzorców opracowań dotyczących techniki autoklawowej i metod przetwórstwa materiałów wzmocnianych włóknami typu prepreg. Recenzowana praca doktorska jest w pewnym sensie jedną z pierwszych tego typu, a po pewnym przereklamowaniu i uzupełnieniu mogłaby spełnić znaczącą rolę popularyzacyjną w naszym przemyśle. Przecież Doktorantka miała dostęp i wykorzystwała unikatowy sprzęt w skali naszego Kraju, według wiedzy recenzenta najlepszy w Polsce. Praca i jej publikacja, może w innej formie, z pewnością przyczyni się do rozwoju zagadnień związanych z zaawansowanym przetwórstwem polimerowych materiałów kompozytowych wzmocnianych włóknami.

Rozprawa doktorska zawiera oryginalne osiągnięcia technologiczne i badawcze Pani mgr inż. Barbary Helizanowicz, które zostały opublikowane tylko w czterech znalezionych pracach, w tym trzech zespołowych o zasięgu międzynarodowym. Sumaryczny IF = 2,3. Doktorantka legitymuje się niskim dorobkiem naukowym: liczba cytowań Autorki – 2 bez autocytowań, indeks H = 1 (wg Google scholar). Mając na uwadze powyższe należy stwierdzić, że dorobek naukowy Doktorantki jest w tym zakresie niski, ale wystarczający i spełniający wymagania stawiane doktorantom. Stąd wniosek, że formalnie Autorka spełnia kryteria wymagane przy obronie swoich tez.

Autorka wykazała się umiejętnościami planowania i obsługi eksperymentu oraz prowadzenia zaawansowanych prac technologicznych z wykorzystaniem nowoczesnych, oryginalnych metod, unikatowych w skali kraju, a także zaawansowanych obliczeń rachunkowych, w tym umiejętnością opracowania statystycznego wyników badań. Podjęta tematyka badawcza jest oryginalna, o dużym znaczeniu poznawczym w zakresie inżynierii materiałowej polimerowych materiałów kompozytowych wzmocnianych włóknami.

6. Wniosek końcowy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska Pani mgr inż. **Barbary Helizanowicz** z Politechniki Śląskiej, pt. *Użycie preimpregnatów o niskiej gramaturze do wytwarzania metodą autoklawową płyt z kompozytu polimer-włókno węglowe zawierających krzywizny o małym promieniu*, stanowi dorobek naukowy i istotny wkład w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria materiałowa. Oceniana praca doktorska jest wystarczająca i **spełnia warunki** dotyczące nadania stopnia naukowego doktora w dyscyplinie **inżynieria materiałowa** określone przez Ustawę o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dziennik Ustaw nr 65, 2003r z późniejszymi zmianami). **Stawiam wniosek o dopuszczenie Pani mgr inż. Barbary Helizanowicz do dalszych etapów przewodu doktorskiego na podstawie dysertacji pt. Użycie preimpregnatów o niskiej gramaturze do wytwarzania metodą autoklawową płyt z kompozytu polimer-włókno węglowe zawierających krzywizny o małym promieniu, w dyscyplinie naukowej: inżynieria materiałowa oraz dziedzinie nauk: inżynieryjno-techniczne.**

.....
Wojciech Błażejowski