Załącznik nr 2a
do wniosku o wszczęcie postępowania habilitacyjnego

AUTOREFERAT

przedstawiający opis dorobku i osiągnięć naukowych, w szczególności określonych w art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. w formie papierowej **w języku polskim**

dr inż. Magdalena Zofia Urbaniak

Katedra Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

M. Urbaniak

Szczecin, 2019

Autoreferat

informujący o zainteresowaniach i osiągnięciach w działalności naukowo-badawczej, dydaktycznej, popularyzatorskiej i organizacyjnej

1. Imię i nazwisko: MAGDALENA URBANIAK

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe, tytuły zawodowe

Tytuł magistra inżyniera

Politechnika Szczecińska, Wydział Mechaniczny
Kierunek: Inżynieria Materiałowa, Specjalność: Przetwórstwo Tworzyw Sztucznych
Tytuł pracy magisterskiej: „Stałe kompozycje poliestrowe z włóknem szklanym"
Promotor: dr inż. Wiesława Nowaczek
Data obrony: 28.06.1999 r.

Stopień doktora nauk technicznych

Politechnika Szczecińska, Wydział Mechaniczny
Dyscyplina naukowa: Budowa i Eksploatacja Maszyn
Tytuł rozprawy doktorskiej: „Badania procesu utwardzania i jego wpływu na właściwości mechaniczne tworzywa epoksydowego EPY stosowanego na podkładki fundamentowe maszyn"
Promotor: †prof. dr hab. inż. Karol Grudziński
Recenzenci: dr hab. inż. Tomasz Sterzyński prof. nadzw. PP, Politechnika Poznańska
prof. dr hab. inż. Zbigniew Rosłaniec, Politechnika Szczecińska
Data nadania: 15.03.2005 r.

Wyróżnienie za pracę doktorską

przyznane przez Radę Wydziału Mechanicznego Politechniki Szczecińskiej, 15.03.2005 r.

Dodatkowe kwalifikacje

- **Kurs Doskonalenia Pedagogicznego dla Nauczycieli Akademickich**, Politechnika Szczecińska, Instytut Ekonomii i Zarządzania, Szczecin 2005
- **Podyplomowe Studia Zarządzanie i Marketing**, Politechnika Szczecińska, Instytut Ekonomii i Zarządzania, Szczecin 2005-2006
- **Podyplomowe Studia Menedżerskie**, Politechnika Szczecińska, Instytut Ekonomii i Zarządzania, Szczecin 2005-2006
- **Szkolenia zawodowe:** 39 szkoleń

Kopię (poświadczoną) dokumentu potwierdzającego posiadanie stopnia doktora nauk technicznych oraz kopię (poświadczona) dokumentu potwierdzającego, że praca doktorska uzyskała wyróżnienie przedstawiono w załączniku nr 1, zaś kopie dyplomów dodatkowych kwalifikacji - w załączniku nr 7E. Wykaz odbytych szkoleń - w załączniku nr 4 pkt. 3.11, a certyfikaty niektórych szkoleń w załączniku nr 7E.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

Okres zatrudnienia	Jednostka naukowa	Stanowisko
2012 - obecnie	Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki, Katedra Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn, Zakład Mechaniki Technicznej	kierownik Zakładu Mechaniki Technicznej
2005 - obecnie	Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie (*ex.* Politechnika Szczecińska), Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki (*ex.* Wydział Mechaniczny), Katedra Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn, Zakład Mechaniki Technicznej	adiunkt
2004 - 2005	Politechnika Szczecińska, Wydział Mechaniczny, Katedra Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn, Zakład Mechaniki Technicznej	asystent
1999 - 2004	Politechnika Szczecińska, Wydział Mechaniczny, Studia Doktoranckie, Katedra Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn, Zakład Mechaniki Technicznej	doktorant

4. Wskazanie osiągnięcia naukowego uzyskanego po otrzymaniu stopnia doktora, stanowiącego znaczny wkład w rozwój dyscypliny Budowa i Eksploatacja Maszyn zgodnie z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki

4.1 Tytuł cyklu publikacji powiązanych tematycznie

Osiągnięcie naukowe do postępowania habilitacyjnego stanowi cykl 10 publikacji i 1 obszerna monografia oraz 1 Karta Aplikacji Produktu pod tytułem:

„Modelowanie i weryfikacja doświadczalna granicy plastyczności tworzywa epoksydowego EPY stosowanego w montażu obiektów oceanotechnicznych i lądowych oraz utylitarne diagramy sieciowania tego tworzywa”

4.2 Wykaz prac naukowych zaliczonych do cyklu

[A1. - zał. nr 3, pkt. I, poz. C1] Urbaniak M. (100%): Wykorzystanie modelu plastyczności Argona do prognozowania właściwości wytrzymałościowych tworzywa epoksydowego EPY, Inżynieria Materiałowa 2007, 28 (1), s.26-30.

[A2. - zał. nr 3, pkt. I, poz. C2] Urbaniak M. (100%): Wykorzystanie modelu Bowdena do prognozowania granicy plastyczności tworzywa epoksydowego EPY, Inżynieria Materiałowa 2008, 29 (1), s.37-41.

[A3. - zał. nr 3, pkt. I, poz. B1] Urbaniak M. (100%): Modele plastyczności Eyringa i Robertsona dotyczące tworzywa epoksydowego EPY, Polimery 2008, 53 (1), s.40-46 **(JCR IF* 0.600)**.

[A4. - zał. nr 3, pkt. I, poz. C3] Urbaniak M. (100%): Effect of molecular weight on the yield behaviour of EPY epoxy compound, Advances in Science and Technology Research Journal 2016, 10 (32), s.230-239.

[A5. - zał. nr 3, pkt. I, poz. B2] Urbaniak M. (100%): A relationship between the glass transition temperature and the conversion degree in the curing reaction of the EPY epoxy system, Polimery 2011, 56 (3), s.240-243 **(JCR IF* 0.600)**.

[A6. - zał. nr 3, pkt. I, poz. B3] Urbaniak M. (100%): Effect of vitrification on the curing reaction of EPY epoxy system, Polimery 2017, 62 (5), s.394-397 **(JCR IF 0.778)**.

[A7. - zał. nr 3, pkt. I, poz. B4] Urbaniak M. (100%): Glass transition temperature - cure temperature - transformation (T_gTT) diagram for EPY epoxy system, Polimery 2018, 63 (1), s.18-24 (**JCR IF 0.713)**.

[A8. - zał. nr 3, pkt. I, poz. B5] Urbaniak M. (100%): Glass transition temperature - temperature - property (T_gTP) diagram for EPY epoxy system, Polimery 2008, 53 (7-8), s.537-543 **(JCR IF* 0.600).**

[A9. - zał. nr 3, pkt. I, poz. C4] Urbaniak M. (50%), Ratajczak J.: Modernizacja posadowień maszyn i urządzeń okrętowych oraz przemysłowych z zastosowaniem tworzywa chemoutwardzalnego EPY - Cz.I. Praktyczne zastosowania tworzywa, Inżynieria Materiałowa 2015, 6 (208), s.532-536.

[A10.- zał. nr 3, pkt. I, poz. C5] Urbaniak M. (85%), Ratajczak J.: Modernizacja posadowień maszyn i urządzeń okrętowych oraz przemysłowych z zastosowaniem tworzywa chemoutwardzalnego EPY - Cz.II. Prognozowanie i badania właściwości termomechanicznych tworzywa, Inżynieria Materiałowa 2015, 6 (208), s.537-542.

[D1.-zał. nr 3, pkt. I, poz. D1] Grudziński K., Jaroszewicz W., Ratajczak J., **Urbaniak M. (20%)**, Grudziński P.: *Montaż maszyn i urządzeń z użyciem tworzywa EPY*, Wydawnictwo PPH ZAPOL sp. j., Szczecin 2014, s.1-354 (ISBN 978-83-7518-693-2).

[E1.-zał. nr 3, pkt. I, poz. E1] Urbaniak M. (50%): Karta Aplikacji Produktu. Nazwa produktu: Zmodyfikowana i udoskonalona receptura specjalnego tworzywa EPY przeznaczonego na podkładki fundamentowe maszyn i urządzeń. Wyrób, ekspertyza w ramach zadania badawczego: Tworzywa chemoutwardzalne stosowane na podkładki fundamentowe w budowie, naprawie lub modernizacji posadowień obiektów oceanotechnicznych (okrętowych i offshorowych) i obiektów lądowych, 2014.

Osiem z tych publikacji naukowych są wyłącznie mojego autorstwa. W pozostałych publikacjach naukowych oraz w karcie aplikacji produktu mój wkład określiłam jako znaczący.

Oświadczenia współautorów dotyczące ich udziału w powstanie wspólnych publikacji i monografii przedstawiono w załączniku nr 6. Kopie prac stanowiących osiągnięcie naukowe zamieszczono w załączniku nr 5.

4.3 Omówienie celu naukowego i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich wykorzystania

Wprowadzenie

Właściwości materiałów, a w tym ich kruchość lub plastyczność, zależą w dużej mierze od wartości temperatury i ciśnienia. Żywice epoksydowe, które w normalnej temperaturze są materiałami kruchymi, mogą w pewnych warunkach termomechanicznych wykazywać wysoką plastyczność. Problematyka plastyczności polimerów jest przedmiotem badań naukowych już od lat 30. ubiegłego wieku. Zainteresowanie badaczy – począwszy od teorii przemiany stanu i zmian konformacyjnych (Eyring, Duckett, Robertson), poprzez sformułowane w latach 70. teorie zmian swobodnej objętości (Rush i Beck, Bauwens) oraz teorie termicznej aktywacji przemieszczeń molekularnych (Argon, Bowden), do późniejszych teorii ruchów segmentalnych (Yannas, Stachurski) - wzbudza nieustannie specyficzny molekularny mechanizm odkształceń plastycznych polimerów [1].

Jednym z ważniejszych zagadnień tej problematyki, mających duże praktyczne znaczenie, stanowi kwestia granicy plastyczności polimerów termoplastycznych i termoutwardzalnych oraz chemoutwardzalnych stosowanych powszechnie jako materiały konstrukcyjne w wielu gałęziach przemysłu. Prace teoretyczno - doświadczalne, m. in. Argona [2÷4], Bowdena [5÷7], Eyringa [8] i Robertsona [9, 10], rozpatrujące zagadnienie plastyczności termoplastycznego materiału polimerowego w kategoriach parametrów termomechanicznych (temperatura, szybkość odkształcania), jak i parametrów strukturalnych (sztywność łańcucha, gęstość usieciowania) pozwalają na stworzenie użytecznych modeli dających ilościowy opis plastyczności ww. materiału polimerowego w różnych warunkach badania [11].

Teoria Bowdena [5÷7], jak i teoria Argona [2÷4], bazują na fizycznym opisie płynięcia plastycznego na poziomie molekularnym. Obie te teorie, różniące się stopniem przybliżenia, rozważają termiczną aktywację molekularnych przemieszczeń mających miejsce podczas plastycznego płynięcia. Teorie Bowdena i Argona poddane weryfikacjom eksperymentalnym przy użyciu danych dotyczących plastycznego płynięcia różnych termoplastycznych polimerów szklistych (np. polimetakrylan metylu (PMMA), polistyren (PS), poliwęglan (PC), politereftalan etylenu (PET)) [2÷5] i termoutwardzalnych [12÷14] sprawdzają się w znacznym stopniu i umożliwiają prognozowanie granicy plastyczności tych materiałów w szerokim zakresie temperatury, od bardzo niskich do bliskich temperaturze zeszklenia (T_g). Natomiast teoria przemiany stanu Eyringa [8] i teoria zmian konformacyjnych Robertsona [9, 10] zakłada, że uplastycznienie materiału polimerowego następuje wskutek aktywowanych naprężeniami przeskoków segmentów molekularnych. Teorie Eyringa i Robersona poddane weryfikacjom eksperymentalnym dla termoplastów amorficznych (np. PMMA, PS, PC) [5, 15, 16] wykazały dobrą zgodność modelu z eksperymentem i umożliwiają prognozowanie granicy plastyczności tych materiałów nie tylko w zakresie w zakresie temperatury do T_g, ale także w funkcji szybkości odkształcania.

Polimery amorficzne (szkliste) nie posiadają wyraźnej granicy plastyczności, takiej jaką mają np. metale. Powszechnie, za granicę plastyczności polimeru przyjmuje się naprężenie, przy którym wraz ze wzrostem odkształcenia nie występuje wzrost naprężenia. Potrzebnym więc jest, aby jako kryterium plastyczności polimerów rozpatrywać korelację ich granicy

plastyczności i modułu sprężystości podłużnej (modułu Younga), co pozwala lepiej rozumieć przebieg procesów molekularnych związanych z plastycznością.

Buchdahl [17] w swoich pracach nad szeroką gamą polimerów termoplastycznych stwierdził, że stosunek granicy plastyczności (σ_y) do modułu Younga (E) jest w przybliżeniu stały i wynosi ok. 0,03. Robertson [18] także sugerował, że stosunek σ_y/E musi być stały, a uzyskane jego wartości dla poliwęglanu (PC) uśrednił do σ_y/E = 0,024±0,002. Parish i Brown [19] określili wartość σ_y/E = 0,023±0,003 dla politereftalanu etylenu (PET), zaś Pae i Mears [20] dla polietylenu (PE) uzyskali średnią wartość σ_y/E = 0,017 wyznaczoną z zakresu 0,015–0,020. Natomiast Brown [21] zestawiając dziewięć polimerów termoplastycznych: polipropylen (PP), polieter chlorowany (CP), nylon (N6/6 i N6/10), poliwęglan (PC), polistyren (PS), poliacetal (POM), kopolimer acetalu (POM-C) i politlenek fenylenu (PPO) stwierdził, że istnieje silna korelacja między σ_y i E, a średnia wartość σ_y/E = 0,022 dla tych polimerów wyznaczona została z zakresu 0,015–0,039. Reasumując, szkliste polimery termoplastyczne spełniają empiryczne zasady ustalone przez Browna [21].

W tworzywach epoksydowych, w końcowym etapie ich sieciowania przebiega ono w stanie szklistym, stąd optymalne właściwości mechaniczne utwardzona żywica epoksydowa uzyskuje dopiero po pewnym czasie, zwłaszcza po dotwardzeniu (wygrzewaniu w podwyższonej temperaturze). Zatem najpierw należało sprawdzić czy tworzywa epoksydowe, spełniają trzy zasady ustalone przez Browna [21], a następnie podjęto się interpretacji uzyskanych wyników badań eksperymentalnych w kategoriach molekularnych teorii plastyczności opracowanych przez Argona [2÷4], Bowdena [5÷7], Kitagawy [22], a także przez Eyringa [8] i Robertsona [9, 10] dla szklistych polimerów.

Znajomość przebiegu i efektu cieplnego procesu sieciowania układów epoksydowych, a zwłaszcza informacje o zjawiskach żelowania i zeszklenia zachodzących w jego trakcie są niezbędne do scharakteryzowania tego układu. Żelowanie i zeszklenie decyduje bowiem o właściwościach fizycznych, chemicznych i mechanicznych finalnego materiału. Informacje te konieczne są dla ustalenia efektywnych procedur sieciowania, które powinny zapewnić optymalne właściwości tworzywa do określonego zastosowania. Zebranie tych informacji i przedstawienie ich w postaci różnego rodzaju diagramów (wykresów) pozwala opisać przebieg procesu sieciowania, zarówno z fizycznej, jak i chemicznej perspektywy, w możliwie prosty i zrozumiały sposób. W literaturze napotkać można pięć charakterystycznych diagramów sieciowania dla tworzyw termoutwardzalnych:

– diagram uogólniony, skonstruowany przez Gillham [23],
– diagram T_gTT (*Glass transition temperature - Temperature - Transformation*), tzn. temperatura zeszklenia - temperatura - przemiana, proponowany przez Gillham i in. [24],
– diagram TTT (*Time - Temperature - Transformation*), tzn. czas - temperatura - przemiana, stworzony przez Gillham i in. [25, 26],
– diagram CTT (*Conversion - Temperature - Transformation*), tzn. konwersja - temperatura - przemiana, proponowany przez Adabbo i Williams [27],
– diagram T_gTP (*Glass transition temperature - Temperature - Property*), tzn. temperatura zeszklenia - temperatura - właściwość (gdzie P - oznacza daną właściwość materiału np.

moduł stratności, gęstość, szybkość starzenia fizycznego), opracowany przez Gillham i in. [28, 29].

Diagramy sieciowania stanowią intelektualną podstawę do analizowania i projektowania cykli sieciowania układów żywicznych oraz ich porównywania. Opracowanie powyższych diagramów dla tworzyw duroplastycznych stworzy zatem możliwość pełnego wglądu w zachowanie się układu epoksydowego podczas procesu sieciowania, a tym samym doboru optymalnych warunków jego przetwórstwa do konkretnych zastosowań, np. warunków utwardzania podkładek fundamentowych maszyn.

Obiektem badań, prezentowanych tutaj, było **specjalne tworzywo chemoutwardzalne - tworzywo epoksydowe EPY®**, które powstało w efekcie wieloletnich prac naukowo-badawczych prowadzonych w Katedrze Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn Politechniki Szczecińskiej, w ścisłej współpracy z polskim przemysłem okrętowym **[D1]**. Od początku lat 90. ubiegłego wieku tworzywo EPY® jest stosowane na podkładki fundamentowe w posadawianiu maszyn i urządzeń okrętowych (w montażu silników i przekładni napędu głównego oraz urządzeń pomocniczych w siłowni i na pokładzie) i jest obecnie w tej dziedzinie materiałem standardowym, nie tylko w budowie, ale i naprawie lub modernizacji posadowień obiektów oceanotechnicznych (okrętowych i offshorowych), jak i obiektów lądowych **[A9, D1].** Obecnie coraz szerzej stosowane jest ono również w przemyśle maszynowym, energetyce, górnictwie głębinowym i odkrywkowym oraz w budownictwie przemysłowym, a także w budowie dróg i mostów. Tworzywo EPY®, jak i technologia montażu maszyn z jego użyciem należą dzisiaj do najnowocześniejszych w świecie. Uzyskały one wszystkie wymagane certyfikaty (ponad 30), w tym: certyfikat systemu jakości EN ISO 9001 i certyfikat europejski EU RO Mutual Recognition TAC (w 2014 r.) oraz świadectwa uznania towarzystw klasyfikacyjnych oraz producentów silników okrętowych z USA i z najbardziej rozwiniętych gospodarczo krajów Europy **[D1]**. W okresie od 1974 do 2018 roku na opracowanym i systematycznie udoskonalanym tworzywie EPY® posadowiono łącznie 12.560 różnych obiektów, w tym 11.074 maszyn i urządzeń okrętowych oraz 1.486 obiektów lądowych.

Cel naukowy

Głównym celem naukowym prowadzonych badań było modelowanie przebiegu procesu sieciowania i zeszklenia oraz prognozowanie i weryfikacja eksperymentalna wybranych właściwości termomechanicznych tworzywa chemoutwardzalnego na osnowie żywicy epoksydowej (na przykładzie tworzywa EPY®).

Cele szczegółowe to:

1. Analiza i wybór modelu do prognozowania i oceny granicy plastyczności przy ściskaniu tworzywa epoksydowego w szerokim zakresie temperatury i szybkości jego odkształcania spośród czterech modeli deformacji plastycznej: Argona, Bowdena, Eyringa i Robertsona oraz ich weryfikacje doświadczalne.
2. Określenie wpływu temperatury zeszklenia na plastyczność tworzywa epoksydowego.

3. Zbadanie zależności pomiędzy temperaturą zeszklenia (T_g) a stopniem usieciowania (α) tworzywa epoksydowego. Przeprowadzenie weryfikacji doświadczalnej modelu sieciowania DiBenedetto T_g = f (α) w ujęciu Pascault-Williamsa oraz Oleinika, a także Hale'a.
4. Przeprowadzenie weryfikacji modelu sieciowania DiBenedetto T_g = f (α) w ujęciu Pascault-Williamsa z wynikami badań eksperymentalnych uzyskanymi trzema metodami badawczymi (DSC, DMA i TMA).
5. Opracowanie na drodze teoretyczno – doświadczalnej diagramów sieciowania tworzywa epoksydowego.

Celem utylitarnym badań tworzywa epoksydowego EPY, stosowanego na podkładki fundamentowe maszyn i urządzeń okrętowych i obiektów lądowych było:

1. Opracowanie diagramów sieciowania tworzywa EPY, dla ustalenia optymalnej ścieżki: czas - temperatura sieciowania, tak aby żelowanie i zeszklenie tworzywa zachodziło w kontrolowany sposób i w konsekwencji zapewnione było uzyskanie wymaganych właściwości użytkowych tworzywa EPY.
2. Prognozowanie granicy plastyczności tworzywa EPY w różnych warunkach termomechanicznych (temperatury i szybkości odkształcania) występujących podczas jego eksploatacji.
3. Modyfikacja składu tworzywa EPY w celu polepszenia wybranych właściwości, istotnych dla zastosowania tego tworzywa.

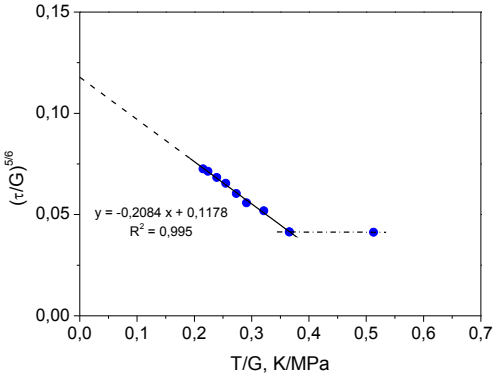
Opis wyników

W toku przeprowadzonych badań właściwości wytrzymałościowych na ściskanie określono zależność pomiędzy rzeczywistą granicą plastyczności (σ_{yT}) a modułem sprężystości podłużnej (E) w szerokim zakresie temperatur (od -150 ^{o}C do T_g +20 ^{o}C) i różnych szybkościach odkształcania (od 0,0208 do 20,8 min^{-1}) dla tworzywa EPY utwardzonego (w temperaturze 22 ± 1 ^{o}C przez 24 h) i dotwardzonego w temperaturach 40, 60, 80, 100 i 120 ^{o}C przez 2 h. Wyniki badań przedstawiono w artykułach **[A1÷A4]** i w obszernej monografii **[D1]**. Przebiegi zmienności wskaźników E i σ_{yT} zależnych od temperatury i szybkości odkształcania badanego tworzywa epoksydowego EPY wskazują na podobieństwo jego zachowania się do amorficznych polimerów termoplastycznych. Wynika stąd, że żywice epoksydowe spełniają empiryczne zasady ustalone przez Browna [21], według których:

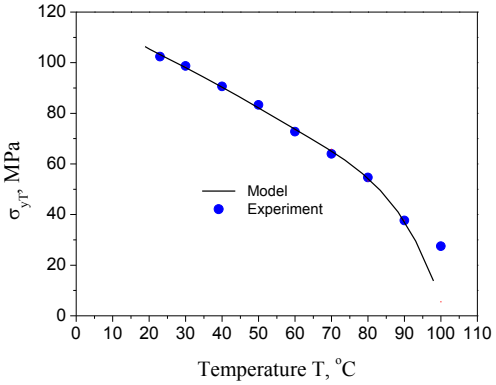
a) jakakolwiek zmiana, która podwyższa moduł E – podwyższa także σ_y,
b) relacja pomiędzy σ_y i E jest liniowa,
c) stosunek σ_y/E mieści się w zakresie od 1/60 do 1/30.

Dla tworzywa EPY, relacja pomiędzy σ_{yT} i E jest w przybliżeniu liniowa w temperaturach pomiarowych, aż do pobliża temperatury zeszklenia (T_g). Wartości stosunku σ_{yT}/E badanego tworzywa wyznaczone w zakresie temperatur od 23 ^{o}C do T_g zawierają się w granicach 0,015÷0,027, zaś uśredniona w tym przedziale wartość σ_{yT}/E = 0,023 **[A2]**.

Badano możliwość wykorzystania różnych teoretycznych modeli plastyczności Argona i Bowdena, do oceny i prognozowania rzeczywistej granicy plastyczności przy ściskaniu tworzywa epoksydowego EPY w różnych warunkach termicznych, obejmujących zakres temperatur jego eksploatacji jako materiału na podkładki fundamentowe maszyn i urządzeń okrętowych, gdzie temperatura ich pracy może sięgać 80 ^{o}C. Wyniki badań przedstawiono w artykułach **[A1, A2].** Badano również sposobność wykorzystania teoretycznych modeli plastyczności Eyringa i Robertsona do prognozowania rzeczywistej granicy plastyczności tworzywa EPY nie tylko w funkcji temperatury, ale i różnych szybkości odkształceń występujących w praktycznych warunkach obciążeń dynamicznych podkładek fundamentowych maszyn i urządzeń okrętowych. Wyniki badań przedstawiono w artykule **[A3]**. Ponadto określono wpływ temperatury zeszklenia (T_g) na plastyczność i wytrzymałość tworzywa EPY w różnych temperaturach pomiarowych **[A4, D1]**.



Rys. 1a. Zależność $(\tau/G)^{5/6}$ od (T/G) dla tworzywa EPY. Linią ciągłą zaznaczono wartości zgodne z modelem Argona, a symbole przedstawiają wyniki badań doświadczalnych (gdzie: τ - granica plastyczności przy ścinaniu, G - moduł ścinania, T - temperatura bezwzględna)

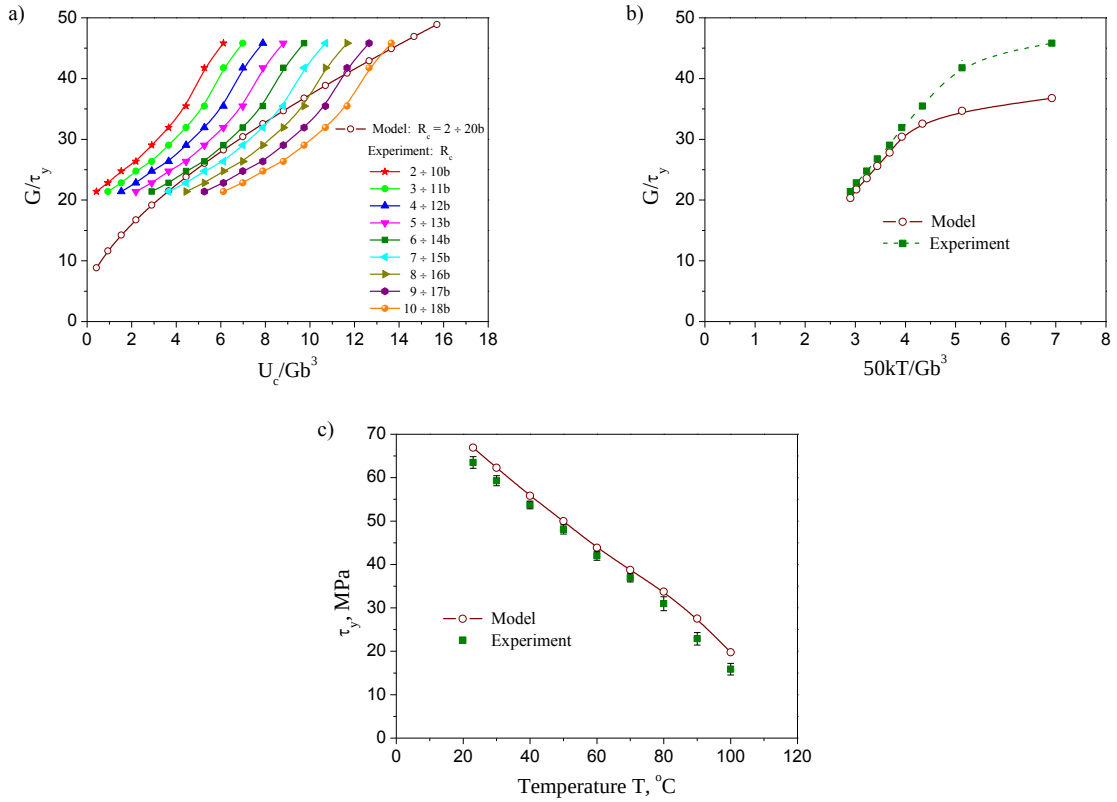


Rys. 1b. Rzeczywista granica plastyczności (σ_{yT}) przy ściskaniu tworzywa EPY w funkcji temperatury wyznaczona według modelu Argona (linia ciągła) i z badań doświadczalnych (symbole)

Wykazano przydatność **modelu Bowdena** do prognozowania granicy plastyczności tworzywa epoksydowego EPY w zależności od temperatury w zakresie do T_g = 95,6 ^{o}C, w przeciwieństwie do **modelu Argona**, która, jak wykazano dla badanego tworzywa, nie sprawdza się w temperaturach bliskich T_g (rys.1). Prognozowane według modelu Bowdena wartości granicy plastyczności przy ścinaniu (τ_y) w zakresie od 23 do 80 ^{o}C niewiele różnią się od wartości τ_y uzyskanych eksperymentalnie (mniej niż 5 %). Dobra zgodność modelu teoretycznego Bowdena z wynikami eksperymentalnymi (rys.2) pozwala zatem wykorzystywać ten model do prognozowania granicy plastyczności badanego tworzywa EPY jako materiału konstrukcyjnego przeznaczonego na podkładki fundamentowe maszyn i urządzeń zwłaszcza okrętowych eksploatowanych w temperaturach do 80 ^{o}C **[A1, A2]**.

Teoria Argona jest szczególnie przydatna do opisu procesu uplastycznienia w polimerach szklistych, jako że pozwala obliczyć ich parametry molekularne: średni promień molekularny (a) łańcucha, a także krytyczną separację przy uplastycznieniu pary splątań (z^*) w molekule polimeru, która odnosi się do sztywności łańcuchów molekularnych biorących udział w procesie deformacji polimeru. Dla tworzywa EPY obliczono, że parametr a = 0,42 nm, z^* = 0,93 nm **[A1]**. Wysoka wartość parametru molekularnego z^*, jaką otrzymano dla tworzywa

EPY, świadczyć może o dużej odporności na odkształcenia plastyczne (trwałe) badanego tworzywa epoksydowego.



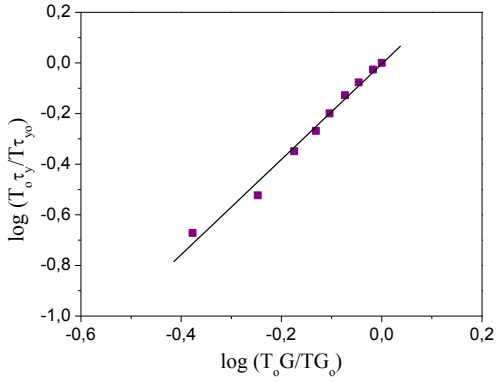
Rys. 2. Weryfikacja modelu Bowdena przy użyciu algorytmu Abbate'a dla tworzywa EPY:

a) zależność G/τ_y od U_c/Gb^3; pojedyncza linia ciągła dotyczy wartości teoretycznych obliczonych z modelu dla $R_c = 2b \div 20b$; zbiór linii z symbolami przedstawia wartości uzyskane dla $R_c = 2b \div 10b$, $3b \div 11b$, $4b \div 12b$, ..., $10b \div 18b$, w odniesieniu do eksperymentalnych wartości G/τ_y;

b) zależność G/τ_y od $50kT/Gb^3$, uzyskana dla $R_c = 6b \div 14b$, po uśrednieniu wartości b w odniesieniu do teoretycznego (linia ciągła) i eksperymentalnego (linia przerywana) stosunku G/τ_y;

c) zależność τ_y od temperatury obliczona z porównania teoretycznych i eksperymentalnych wartości stosunku G/τ_y (odpowiednio zaznaczone linią ciągłą i symbolami)
(gdzie: U_c - krytyczna energia aktywacji, R_c - krytyczny promień pętli, b - wektor Burgersa, k - stała Boltzmana).

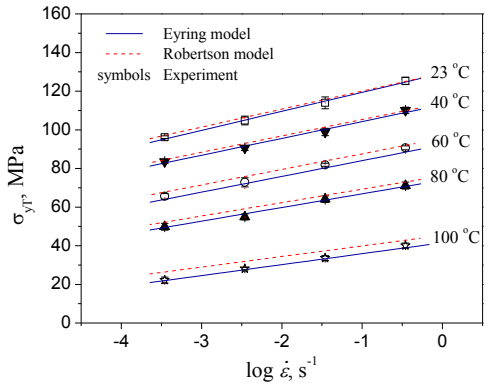
Wykazano [A2] ponadto, że **model Kitagawy** (rozszerzony i uogólniony model Bowdena) dla tworzywa EPY w temperaturach jego eksploatacji (do 80 °C) parametry τ_y i G układają się wzdłuż linii o tangensie kąta nachylenia wynoszącym 1,88 (rys.3).



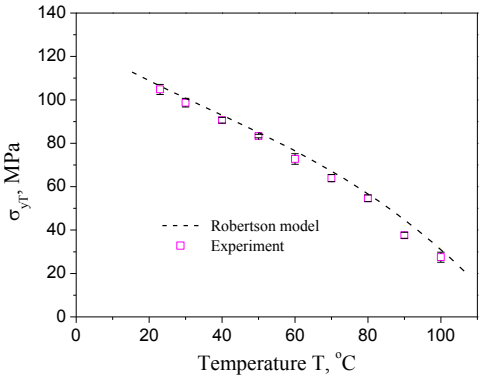
Rys. 3. Granica plastyczności przy ścinaniu i moduł sprężystości poprzecznej dla tworzywa EPY przedstawione według modelu Kitagawy, gdzie T_0 przyjęto równe 23 °C

Stwierdzono także możliwość wykorzystania teoretycznych **modeli** plastyczności **Eyringa** i **Robertsona** do prognozowania rzeczywistej granicy plastyczności tworzywa epoksydowego EPY w różnych warunkach termomechanicznych: temperatury (do 100 ^{o}C) i szybkości odkształcania (od 0,0208 do 20,8 min^{-1}) jego stosowania jako materiału na podkładki fundamentowe maszyn i urządzeń **[A3]**. Zależność rzeczywistej granicy plastyczności tworzywa EPY od szybkości jego odkształcania dokładniej charakteryzuje model Eyringa (rys.4), natomiast zależność rzeczywistej granicy plastyczności od temperatury badanego tworzywa z lepszą zgodnością opisuje model Robertsona (rys.5).

Z modelu Robertsona obliczono kolejny parametr molekularny – średnią objętość segmentu łańcucha (ν) wiązania, który dla tworzywa epoksydowego EPY wynosi 0,107 nm^3.



Rys. 4. Rzeczywista granica plastyczności przy ściskaniu (σ_{yT}) tworzywa EPY w funkcji logarytmu szybkości odkształcania ($\dot{\varepsilon}$) w próbach ściskania w różnej temperaturze; linie ciągłe dotyczą wartości σ_{yT} uzyskanych z modelu Eyringa, linie przerywane - z modelu Robertsona, a symbole przedstawiają wyniki badań doświadczalnych



Rys. 5. Rzeczywista granica plastyczności przy ściskaniu (σ_{yT}) z szybkością 0,00347 s^{-1} tworzywa EPY w funkcji temperatury; linia przerywana dotyczy wartości σ_{yT} obliczonych z modelu Robertsona, a symbole przedstawiają wyniki badań doświadczalnych

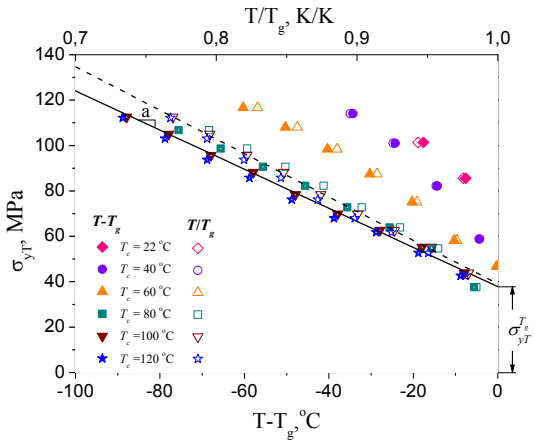
Zaobserwowano ponadto istotny wpływ podwyższonej temperatury prób (do 100 ^{o}C) oraz szybkości odkształcania (w zakresie od 0,0208 do 20,8 min^{-1}) na charakterystyki i wybrane wskaźniki wytrzymałościowe tworzywa EPY. W aspekcie właściwości użytkowych badanego tworzywa, jako materiału na podkładki fundamentowe, zwłaszcza maszyn i urządzeń okrętowych, zwraca uwagę wyraźna jego wrażliwość na zmianę szybkości odkształcania. W temperaturach niższych od T_g tworzywa EPY, jego rzeczywista granica plastyczności rośnie liniowo wraz z logarytmem szybkości odkształcania w kolejnych trzech rzędach wartości. Jednakże ze wzrostem temperatury wrażliwość na zmianę szybkości odkształcania maleje, co można tłumaczyć zwiększeniem objętości aktywacji (będącej miarą ruchliwości segmentów cząstek) prowadzącym do spadku gęstości upakowania, a więc do mniejszej sztywności sieci układu epoksydowego. Wrażliwość ta maleje wyraźnie w miarę zbliżania się do temperatury zeszklenia, kiedy to rozpadają się wiązania drugorzędowe **[A3, A4, D1].**

Badano także wpływ usieciowania na temperaturę zeszklenia i budowanej przez nie architektury molekularnej na termiczne i mechaniczne właściwości tworzywa epoksydowego EPY. Określono wpływ masy cząsteczkowej łańcucha między węzłami sieci (M_c) na zachowanie się plastyczności tworzywa EPY **[A4].** Przeprowadzone próby wytrzymałości na ściskanie wykazały, że jest ona tym większa im niższa jest wartości M_c, które manifestują się

poprzez zmiany T_g, zaś temperatura pomiarowa wywiera przy tym także istotny wpływ, uwidaczniający się zwłaszcza w niecałkowicie usieciowanym materiale. Wyznaczenie rzeczywistej granicy plastyczności próbek tworzywa EPY o różnej M_c przy ściskaniu z różną szybkością odkształcania wykazało jej obniżanie się ze wzrostem temperatury pomiarowej, jak i ze spadkiem szybkości odkształcania **[A4]**, a zachowanie to potwierdza, że plastyczność materiału epoksydowego może być opisywana w kategoriach teorii Eyringa jako proces aktywowany termicznie **[A3, A4].**

Ponadto określono wpływ temperatury zeszklenia (T_g) na plastyczność i wytrzymałość tworzywa EPY w różnych temperaturach pomiarowych **[A4, A10, D1]**. Przebiegi zależności σ_{yT} = f (T–T_g) dla tworzywa EPY dotwardzonego w różnych temperaturach (T_c od 40 do 120 ^{o}C) (rys.6) układają się zależnie od gęstości usieciowania tworzywa, w taki sposób, że dla danej (T–T_g) wyższą rzeczywistą granicę plastyczności ma ono wtedy, gdy mniejsza jest jego gęstość usieciowania. Ponadto zaobserwowano (rys.6) tendencję zależności σ_{yT} = f (T–T_g) do układania się w jednej prostej linii przy wyższych temperaturach dotwardzania tworzywa (≥ 80 ^{o}C), a więc o wyższej gęstości usieciowania (0,98 ≤ α ≤ 1) **[A5, D1].** Liniowość ta, uzyskiwana poprzez przesunięcie argumentu funkcji σ_{yT} = f (T) o wartość T_g pozwala na ujęcie równaniem Lessera zachowania się plastyczności tworzywa EPY, zwłaszcza dotwardzonego w wyższych temperaturach **[A10, D1].** W przypadku niewysokich temperatur dosieciowania tworzywa T_c ≤ 60 ^{o}C, gdy wartości σ_{yT} nie układają się w linię prostą (rys.6) stwierdzić można, że na wartość rzeczywistej granicy plastyczności inaczej wpływa zmiana temperatury prób T, a jeszcze inaczej zmiana T_g. Oznacza to, że przesunięcie chemiczne (zmiana gęstości usieciowania) wywołuje efekt, który jest wyraźnie różny od prostego przesunięcia temperatury prób względem T_g.

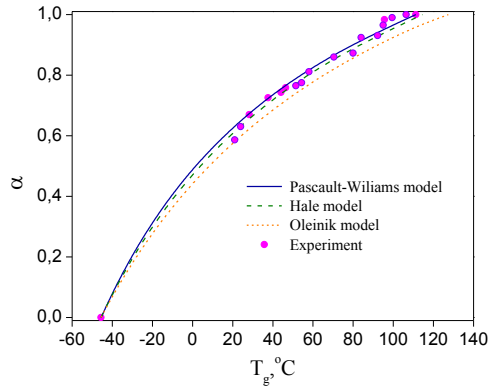
Natomiast ułożenie σ_{yT} w znormalizowanym układzie σ_{yT} = f (T / T_g) (symbole otwarte) jest bardzo podobne do ich rozmieszczenia w układzie σ_{yT} = f (T–T_g) (symbole pełne). Wynika to z prostego przekształcenia: (T–T_g) / T_g = T / T_g–1, które przesuwa nieznacznie dane, układając je w linię (przerywana na rys.6) o większym kącie nachylenia. Takie znormalizowanie danych umożliwia odniesienie odpowiedzi plastyczności układu epoksydowego do jednej wewnętrznej jego właściwości, tj. T_g, co ułatwia analizowanie zachowania się plastyczności tworzywa.



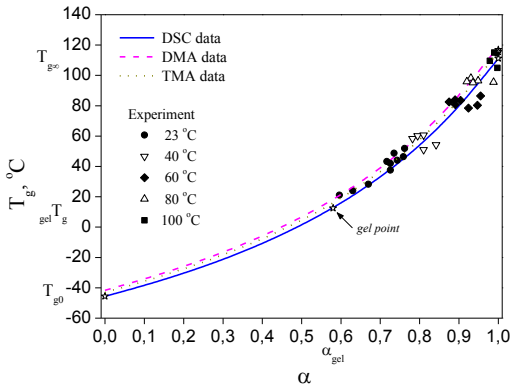
Rys. 6. Rzeczywista granica plastyczności (σ_{yT}) przy ściskaniu w funkcji temperatury pomiaru uzyskana poprzez przesunięcie lub znormalizowanie argumentu funkcji o wartość T_g (T–T_g lub T/T_g) dla tworzywa EPY dotwardzonego w różnych temperaturach (od 40 do 120 ^{o}C)

Badano również zależność między temperaturą zeszklenia (T_g) i stopniem konwersji (α) podczas reakcji sieciowania tworzywa epoksydowego EPY w różnych warunkach termicznych. Dokonano weryfikacji wyprowadzonych z równania DiBenedetto trzech modelowych zależności T_g = f (α) przedstawionych przez Pascaulta i Williamsa oraz Oleinika, a także Hale'a (rys.7). Wykazano, że model Hale'a najlepiej opisuje wyniki eksperymentalne T_g i α uzyskanych metodą różnicowej kalorymetrii skaningowej (DSC) dla badanego tworzywa **[A5].** Temperatura zeszklenia systemu epoksydowego rośnie nieliniowo od wartości początkowej T_{g0} do maksymalnej $T_{g\infty}$ wraz ze wzrostem stopnia jego usieciowania (α). Podczas sieciowania systemu, gdy stopień usieciowania jest jeszcze niewielki, T_g rośnie dzięki coraz większej liczbowo wartości średniego ciężaru cząsteczkowego żywicy epoksydowej, zaś od punktu żelowania (α_{gel} = 0,58 dla tworzywa EPY), dalszy wzrost T_g następuje wskutek zwiększania się gęstości usieciowania materiału.

Ponadto dokonano weryfikacji modelu DiBenedetto w ujęciu Pascaulta i Williamsa z wynikami badań osiągniętych trzema różnymi metodami: różnicowej kalorymetrii skaningowej (DSC), dynamicznej analizy mechanicznej (DMA) i analizy termomechanicznej (TMA) (rys.8). Uzyskano dobrą zgodność tego modelu z wynikami badań w każdej temperaturze utwardzania tworzywa EPY. Potwierdzono, że T_g uzyskana za pomocą metody TMA i DMA jest wyższa odpowiednio o ok. 2 ^oC i 4 ^oC od wyznaczonej metodą DSC **[A6].** Wynika to z faktu, że metody TMA i DMA uwzględniają wpływ rodzaju siły odkształcającej i częstotliwość jej działania na proces zeszklenia, co nie dokonuje się przy metodzie kalorymetrycznej DSC.



Rys. 7. Zmienność stopnia konwersji (α) i temperatury zeszklenia (T_g) podczas przebiegu reakcji sieciowania tworzywa EPY uzyskana z modelu Pascault-Wiliamsa (linia ciągła), z modelu Hale'a (linia przerywana), z modelu Oleinika (linia kropkowa), symbole przedstawiają wyniki badań eksperymentalnych



Rys. 8. Zależność między temperaturą zeszklenia (T_g) a stopniem konwersji (α) tworzywa EPY (utwardzanego w różnych temperaturach) uzyskana z modelu Pascault-Wiliamsa i wyników badań eksperymentalnych DSC (linia ciągła), DMA (linia przerywana), TMA (linia kropkowa)

Wykazany zatem dla tworzywa epoksydowego EPY związek między temperaturą zeszklenia a stopniem usieciowania jest niezależny od temperatury sieciowania, tak więc z powyższych modeli bezpośrednia zależność między T_g a α może być wykorzystana do wzajemnego przekształcania wartości tych parametrów sieciowania. Tym sposobem T_g może posłużyć jako wiarygodna miara konwersji. Stanowi to istotną korzyść z praktycznego punktu widzenia, ponieważ T_g systemu można mierzyć łatwiej i z większą dokładnością niż

konwersję, zwłaszcza przy wysokich jej wartościach, przy których T_g rośnie, pomimo że kalorymetr DSC nie wykazuje już zmiany ciepła resztkowego.

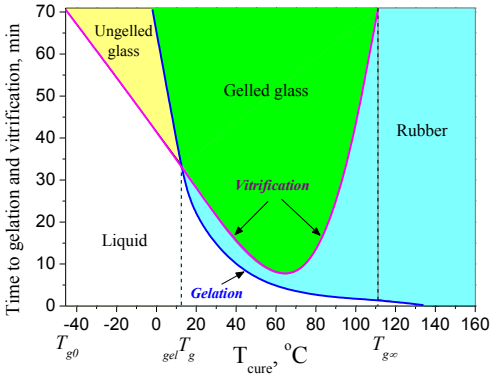
Możliwości prognozowania wybranych właściwości termomechanicznych tworzywa EPY, istotnych z punktu widzenia jego zastosowania, za pomocą modeli omówionych powyżej, były prezentowane na znaczących krajowych i międzynarodowych naukowo-technicznych konferencjach branżowych - przemysłu okrętowego [zał. 3, pkt. II, poz. L8] i przemysłu górniczego [zał. 3, pkt. II, poz. K5], jak i na międzynarodowych targach przemysłowych tworzyw sztucznych [zał. 3, pkt. II, poz. N7, N9 i N10].

Z powodu złożoności zjawisk, występujących w trakcie procesu sieciowania, trudne jest określenie *ad hoc* warunków przetwórstwa w taki sposób, aby uzyskać **optymalne właściwości tworzywa**, dla różnych specyficznych jego zastosowań **[A9]**. W tym celu konieczne jest zebranie informacji o przebiegu sieciowania, zwłaszcza żelowania i zeszklenia, które są niezbędne do scharakteryzowania układu żywicy epoksydowej.

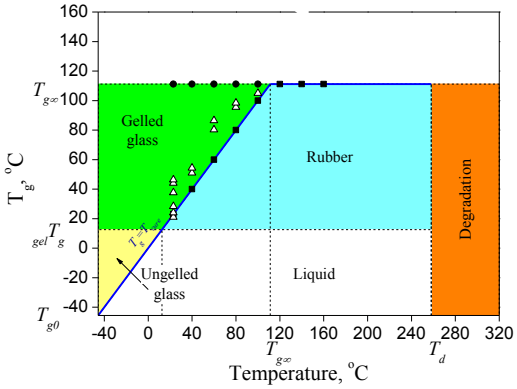
Opracowanie diagramów sieciowania tworzyw termoutwardzalnych i chemoutwardzalnych tylko na podstawie wyników badań eksperymentalnych byłoby niezwykle pracochłonne i kosztowne. Dlatego też przy opracowaniu tych diagramów wykorzystuje się nie tylko wyniki bezpośrednich badań eksperymentalnych, ale także modele empiryczne procesu sieciowania i zeszklenia, opisujące związki między temperaturą zeszklenia i konwersją a temperaturą i czasem sieciowania badanego układu. Modele te pozwalają drogą obliczeń numerycznych na odpowiednie przetworzenie wyników przeprowadzonych badań doświadczalnych i ograniczenie w ten sposób do niezbędnego minimum ilości badań, niezbędnych do sporządzania diagramów sieciowania tworzywa epoksydowego EPY.

Opracowano **uogólniony fazowy diagram sieciowania** dla tworzywa epoksydowego EPY (rys.9) metodami DSC i ARES (wiskozymetria rotacyjna). Diagram ten, który odnosi się do transformacji stanów morfologicznych (stan ciekły, szklisty całkowicie nieutwardzony, szklisty niecałkowicie utwardzony i zżelowany) występujących w czasie do momentu żelowania i zeszklenia badanego układu epoksydowego w różnych temperaturach **[A7]**.

Opracowano także **diagram sieciowania T_gTT** (T_g - temperatura sieciowania - przemiana) dla tworzywa EPY metodami DSC, ARES i TG-DTA (termograwimetrycznej i różnicowej analizy termicznej) (rys.10). Diagram T_gTT pokazuje trzy rodzaje zachowań układu (do stanu żelowania, całkowitego utwardzenia i zżelowanego, ale nie zeszklonego stanu) w zależności od temperatury sieciowania i stanowi on przydatne narzędzie do zrozumienia i analizowania relacji i współzależności ujawniających się w procesie sieciowania układu epoksydowego EPY **[A7].**

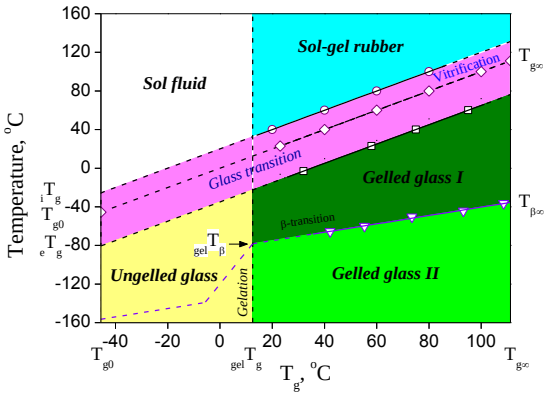


Rys. 9. Uogólniony fazowy diagram sieciowania dla tworzywa EPY



Rys. 10. Diagram sieciowania T_gTT (T_g - temperatura sieciowania - przemiana) dla tworzywa EPY

Wykazano ponadto zmienność modułu stratności tworzywa epoksydowego EPY w miarę postępu konwersji mierzonej za pomocą T_g w badaniach eksperymentalnych wyznaczonych metodą DMTA (analiza termiczna dynamicznych właściwości mechanicznych). Wskazuje to na istotny wpływ jaki wywierają przemiany strukturalne (żelowanie, zeszklenie) zachodzące podczas sieciowania materiału epoksydowego na jego właściwości fizyczne. Zmiany tych właściwości (modułu stratności) badanego tworzywa EPY opracowano w postaci **diagramu T_gTP** (temperatura zeszklenia - temperatura pomiaru - właściwość), gdzie linie proste przedstawiają przebieg przemian strukturalnych materiału: przejścia szklistego (T_g), β-przejścia (T_β) i żelowania ($_{gel}T_g$) (rys.11). Linie te wyznaczają przy tym podobszary (stan szklisty całkowicie nieutwardzony, stan szklisty niecałkowicie utwardzony, stan przejścia szklistego, stan ciekły, stan zżelowany niecałkowicie utwardzony), w których materiał, w miarę postępu konwersji (zarówno przed, jak i po żelowaniu) wykazuje różne właściwości fizyczne. Przydatność diagramu T_gTP polega na tym, że wykorzystuje on wartości T_g jako miarę postępu konwersji, sprawiając, że krytyczne punkty, takie jak maksimum i minimum modułu, układają się liniowo i w przybliżeniu równolegle do linii zeszklenia (T_g). Oznacza to, że właściwości tworzyw chemoutwardzalnych w stanie szklistym determinuje głównie interwał temperatur T_g–T materiału. Linearyzacja zależności między punktami krytycznymi a temperaturą na diagramie T_gTP ułatwia jego konstruowanie dla rożnych układów chemoutwardzalnych i porównywanie ich z sobą **[A8, D1].**



Rys. 11. Diagram T_gTP (temperatura zeszklenia - temperatura - właściwość) dla tworzywa EPY, gdzie P oznacza wybraną właściwość tworzywa – moduł stratności

Opracowane zatem trzy diagramy sieciowania - uogólniony fazowy i T_gTT oraz T_gTP dla tworzywa EPY są wartościowymi uzupełnieniami opracowanych przez mnie wcześniej dlań dwóch diagramów sieciowania: TTT (czas - temperatura - przemiana) i CTT (konwersja - temperatura - przemiana) [zał. 3, pkt. II, poz. F9 i F10]. Wraz z nimi są one użytecznym narzędziem umożliwiającym pełniejsze zrozumienie zależności między reagentami, ścieżką sieciowania, strukturą, przemianami oraz stanami i właściwościami materiału EPY. Pozwalają one więc ustalić optymalną ścieżkę: czas - temperatura sieciowania, tak aby żelowanie i zeszklenie zachodziły w kontrolowany sposób i w konsekwencji zapewnione było uzyskanie wymaganych właściwości użytkowych dla danego zastosowania tworzywa EPY **[A7, A8, D1].** Opracowane diagramy sieciowania dla tworzywa EPY, były prezentowane na znaczących krajowych i międzynarodowych naukowo-technicznych konferencjach branżowych - przemysłu okrętowego [zał. 3, pkt. II, poz. K8] i przemysłu górniczego [zał. 3, pkt. II, poz. K5], jak i na międzynarodowych targach przemysłowych tworzyw sztucznych [zał. 3, pkt. II, poz. N7, N9 i N10].

Oprócz prognozowania i eksperymentalnej weryfikacji wybranych właściwości termicznych i wytrzymałościowych tworzywa EPY oraz opracowania dla niego kilku diagramów sieciowania, zajmowałam się także **modyfikacją składu tego tworzywa**. Wyniki przeprowadzonych badań wytrzymałościowych, istotnych z punktu zastosowania tworzywa EPY, pozwoliły na wybór i optymalizację ilości dodatków uszlachetniających modyfikujących dotychczasowy jego skład. Na podstawie uzyskanych wyników badań producent tworzywa EPY (Marine Service Jaroszewicz s.c.) wprowadził do obrotu tworzywo produkowane wg zmodyfikowanej receptury. Opracowana została (w 2014 r.) **Karta Aplikacji Produktu (wyrób, ekspertyza)** dla tworzywa EPY o nowej recepturze **[E1].** W związku z klauzulą poufności, jaką podpisałam z ww. przedsiębiorstwem wyniki moich prac badawczych nie mogą być upublicznione, a ponadto, z uwagi na konieczność ochrony tajemnicy handlowej producenta nowa zmodyfikowana receptura tworzywa nie zostanie także zgłoszona do ochrony patentowej.

Wyniki przeprowadzonych moich badań (m.in. lepkości, punktu żelowania, gęstości, całkowitego skurczu objętościowego, temperatury zeszklenia i właściwości przy zginaniu, wytrzymałości na ściskanie, modułu sprężystości przy ściskaniu, wytrzymałości na rozciąganie, twardości Barcola, udarności Izoda, temperatury ugięcia pod obciążeniem, skurczu liniowego przy utwardzaniu, współczynnika rozszerzalności cieplnej, chłonności oleju, chłonności wody, pełzania, pomiaru temperatury egzotermy utwardzania) tworzywa EPY obok wcześniejszych wyników badań różnych innych właściwości **[D1]** posłużyły do uzyskania w 2014 roku **europejskiego certyfikatu *EU RO Mutual Recognition Type Approval Certificate* dla tworzywa EPY** (producent Marine Service Jaroszewicz s.c.). Stanowi on świadectwo najwyższej jakości uznawane przez UE i wszystkie europejskie organizacje nadzoru budowy i remontu statków, zaś tworzywo EPY jest pierwszym tworzywem, które uzyskało taki certyfikat. Opracowana została (2013-2014) **Karta Aplikacji Produktu (ekspertyza)** *(załącznik nr 7B)*.

Podsumowanie

Osiągnięcia wnioskodawcy omówione skrótowo w przedłożonym autoreferacie można podsumować w następujących punktach:

- Wykazano możliwość wykorzystania modeli plastyczności - Argona i Bowdena, konwencjonalnie przypisywanych tworzywom termoplastycznym szklistym, do oceny i prognozowania wybranych właściwości (granicy plastyczności przy ściskaniu i granicy plastyczności przy ścinaniu) tworzywa duroplastycznego w szerokim zakresie temperatury (do temperatury zeszklenia T_g). Dowiedziono przy tym, że wyniki uzyskane w pobliżu temperatury zeszklenia tworzywa epoksydowego EPY są bardziej dokładne przy zastosowaniu modelu Bowdena.
- Wykazano możliwość wykorzystania modeli plastyczności Eyringa i Robertsona (stworzonych dla tworzyw termoplastycznych szklistych) do oceny i prognozowania granicy plastyczności przy ściskaniu tworzywa epoksydowego EPY w szerokim zakresie temperatury (do T_g) i szybkości odkształcania (od bardzo wolnych po udarowe: od 0,0208 do 20,8 min^{-1}). Wykazano większą dokładność modelu Eyringa przy ustalaniu zależności granicy plastyczności tworzywa od szybkości jego odkształcania, natomiast model Robertsona lepiej opisuje zależność granicy plastyczności od temperatury badanego tworzywa.
- Wykazano istotny wpływ temperatury zeszklenia na plastyczność tworzywa epoksydowego EPY.
- Wykazano, że bezpośrednia zależność pomiędzy temperaturą zeszklenia a stopniem usieciowania tworzywa epoksydowego EPY opisana w postaci modelu DiBenedetto w ujęciu Hale'a lepiej opisuje wyniki eksperymentalne, aniżeli inne ujęcia tego modelu zarówno Pascault-Williamsa, jak też Oleinika.
- Wykazano dobrą zgodność modelu DiBenedetto w ujęciu Pascault-Williamsa z wynikami badań uzyskanymi metodami DSC, DMA i TMA. Potwierdzono, że uzyskane wartości temperatury zeszklenia tworzywa EPY metodą DMA i TMA są wyższe od uzyskanych metodą DSC.
- Opracowano trzy diagramy sieciowania dla tworzywa epoksydowego EPY: uogólniony fazowy, T_gTT (temperatura zeszklenia - temperatura sieciowania - przemiana) i T_gTP (temperatura zeszklenia - temperatura pomiaru - właściwość: moduł stratności). Diagramy te są użytecznym narzędziem umożliwiającym pełniejsze zrozumienie zależności między reagentami, ścieżką sieciowania, strukturą, przemianami oraz stanami i właściwościami materiału EPY. Pozwalają one zatem ustalić optymalną ścieżkę: czas - temperatura sieciowania, tak aby żelowanie i zeszklenie zachodziły w kontrolowany sposób i w konsekwencji zapewnione było uzyskanie wymaganych właściwości użytkowych dla danego zastosowania tworzywa EPY.
- Dokonano modyfikacji tworzywa epoksydowego EPY (poprzez odpowiedni wybór ilości dodatków uszlachetniających modyfikujących dotychczasowy skład tworzywa). Na podstawie uzyskanych wyników badań producent tworzywa EPY (Marine Service

Jaroszewicz s.c.) wprowadził do obrotu tworzywo produkowane wg zmodyfikowanej receptury. Opracowana została Karta Aplikacji Produktu (wyrób, ekspertyza) dla tworzywa EPY o nowej recepturze.

Powyższe osiągnięcia przyczyniły się do realizacji zamierzonych przez wnioskodawcę celów.

5. Pozostałe osiągnięcia naukowo-badawcze, dydaktyczne, popularyzatoskie i organizacyjne

5.1 Działalność naukowo-badawcza przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora

W 1994 roku po ukończeniu I Liceum Ogólnokształcącego im. Marii Skłodowskiej-Curie w Szczecinie (klasa o profilu matematyczno-fizycznym) rozpoczęłam pięcioletnie studia na Wydziale Mechanicznym Politechniki Szczecińskiej na kierunku Inżynieria Materiałowa. Pracę magisterską pt. „Stałe kompozycje poliestrowe z włóknem szklanym" wykonałam pod kierunkiem dr inż. Wiesławy Nowaczek (w Instytucie Polimerów Wydziału Technologii i Inżynierii Chemicznej Politechniki Szczecińskiej). Studia te na Wydziale Mechanicznym Politechniki Szczecińskiej ukończyłam w roku 1999 z wynikiem dobrym, ze specjalnością Przetwórstwo Tworzyw Sztucznych.

Po ukończeniu studiów magisterskich, w tym samym roku, podjęłam Studium Doktoranckie na Wydziale Mechanicznym Politechniki Szczecińskiej, w Katedrze Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn w Zakładzie Mechaniki Technicznej, których byłam słuchaczem do 2004 roku. W ramach pracy doktorskiej prowadziłam badania nad wpływem warunków procesu utwardzania tworzywa epoksydowego EPY na jego wybrane właściwości mechaniczne. Promotorem mojej pracy był †prof. dr hab. inż. Karol Grudziński. Praca była realizowana we współpracy z przedsiębiorstwem przemysłowym - Marine Service Jaroszewicz ze Szczecina (zajmującym się posadawianiem obiektów, maszyn i urządzeń morskich i lądowych na podkładkach z tworzyw chemoutwardzalnych). Przeprowadzone badania wykazały, że właściwości termomechaniczne badanego tworzywa zależą w sposób istotny od stopnia jego usieciowania, uwarunkowanego temperaturą i czasem utwardzania.

Prace badawcze procesu sieciowania tworzywa epoksydowego realizowałam w Instytucie Polimerów Wydziału Technologii i Inżynierii Chemicznej Politechniki Szczecińskiej oraz w Instytucie Fizyki Politechniki Szczecińskiej, zaś badania właściwości mechanicznych - w macierzystej jednostce.

Badania niezbędne do przygotowania rozprawy doktorskiej były w części finansowane z trzech grantów dziekańskich *(zał. 3, pkt. III, poz. C)* i z przedsiębiorstwa Marine Service Jaroszewicz.

Wyniki badań uzyskane w trakcie realizacji pracy doktorskiej i badań prowadzonych w ramach działalności naukowej zaprezentowałam na 6 krajowych konferencjach naukowych i naukowo-technicznych, i które zostały opublikowane jako materiały pełnotekstowe oraz opublikowałam jeden artykuł w czasopiśmie z Listy Filadelfijskiej *(zał. 3, pkt. III, poz. A i B).* Ponadto wykonałam 9 prac naukowo-badawczych na zlecenie polskiego (Marine Service

Jaroszewicz) i niemieckiego (H.A. Springer Marine Industrie Service GmbH) przedsiębiorstwa przemysłowego *(zał. 3, pkt. III, poz.D 1-9).*

Po ukończeniu studiów doktoranckich, od 2004 do 2005 r. zostałam zatrudniona na stanowisku asystenta w Zakładzie Mechaniki Technicznej Katedry Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn na Wydziale Mechanicznym Politechniki Szczecińskiej.

W 2005 roku ukończyłam Kurs Doskonalenia Pedagogicznego dla Nauczycieli Akademickich w Politechnice Szczecińskiej. Poza pracą naukowo-badawczą realizowałam również działalność dydaktyczną - prowadząc ćwiczenia audytoryjne z przedmiotów Mechanika, Mechanika techniczna, Mechanika budowli, Mechanika z wytrzymałością materiałów dla studentów kierunków Mechanika i Budowa Maszyn, Inżynieria Środowiska, Inżynieria Materiałowa, Zarządzanie i Inżynieria Produkcji (90-120 godz./rocznie w trakcie Studiów Doktoranckich i 210 godz. na stanowisku asystenta).

Pracę doktorską pt.: „Badania procesu utwardzania i jego wpływu na właściwości mechaniczne tworzywa epoksydowego EPY stosowanego na podkładki fundamentowe maszyn" obroniłam 15 marca 2005 roku w Politechnice Szczecińskiej na Wydziale Mechanicznym i uzyskałam stopień doktora nauk technicznych. Promotorem pracy był †prof. dr hab. inż. Karol Grudziński, zaś recenzentami byli: dr hab. inż. Tomasz Sterzyński prof. nadzw. PP (Politechnika Poznańska) oraz prof. dr hab. inż. Zbigniew Rosłaniec (Politechnika Szczecińska). Pracę doktorską obroniłam z wyróżnieniem przyznanym przez Radę Wydziału Mechanicznego Politechniki Szczecińskiej.

5.2 Działalność naukowo-badawcza prowadzona po uzyskaniu stopnia naukowego doktora nauk technicznych

Po uzyskaniu stopnia nauk technicznych od 01.10.2005 r. zostałam zatrudniona na stanowisku adiunkta w Zakładzie Mechaniki Technicznej Katedry Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn na Wydziale Mechanicznym Politechniki Szczecińskiej. Natomiast od 01.01.2010 r., po zmianach reorganizacyjnych, do dnia dzisiejszego pracuję na tym samym stanowisku Zakładzie Mechaniki Technicznej Katedry Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie (w 2009 roku Politechnika Szczecińska i Akademia Rolnicza połączyły się i przyjęły nazwę Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie).

Po obronie pracy doktorskiej tematyka moich zainteresowań nadal skierowana była na tworzywo epoksydowe EPY, stosowane na podkładki fundamentowe maszyn i urządzeń okrętowych i obiektów lądowych. Skupiłam się na modelowaniu przebiegu procesu sieciowania i zeszklenia oraz modelowaniu, prognozowaniu i weryfikacji eksperymentalnej wybranych właściwości wytrzymałościowych tworzywa EPY w warunkach eksploatacyjnych. Z czasem uzyskana moja wiedza z badań eksperymentalnych tworzywa umożliwiła dobór i optymalizację ilości dodatków modyfikujących jego skład, a producent (Marine Service Jaroszewicz s.c.) wytwarzanego wg nowej receptury tworzywa EPY wprowadził je do szerokiego obrotu.

Dwa staże w ww. firmie - trzymiesięczny w roku 2011 w ramach projektu pt.: *„Czas na staż! Współpraca nauki i biznesu”* i odbyty w 2013 później półroczny staż, wspólnie z pracownikiem firmy w ramach projektu pt.: „*Innowacja poprzez co-munikację”* (oba staże współfinansowane przez UE) okazały się bezpośrednim transferem wiedzy pomiędzy nauką a przemysłem poprzez wymianę informacji i doświadczeń zawodowych z praktykami, zyskałam szerszy zasób wiedzy, co zaprocentowało w dalszych moich pracach naukowo-badawczych *(załącznik nr 4, pkt. 3.4 ; załącznik nr 7C).*

W 2012 roku podczas realizacji pracy dyplomowej mojej Dyplomantki nawiązałam współpracę z firmą Carbon Fox sp. z o.o. ze Szczecina (obecnie z Rajkowa) i zainteresowałam się lekkimi konstrukcyjnymi kompozytami warstwowymi typu sandwicz. Wspólnie poszukiwaliśmy i nadal pracujemy nad opracowaniem nowych materiałów o szczególnych cechach/właściwościach - jak najlżejszych i jak najbardziej wytrzymałych. Poprzez przeprowadzanie badań eksperymentalnych właściwości statycznych i dynamicznych, w tym zmęczeniowych tworzona jest unikalna baza danych do projektowania lekkich kompozytów.

Wcześniej, bo w 2009 roku odbyłam dwumiesięczny staż naukowy na Uniwersytecie w Kassel (Institut für Werkstofftechnik Kunststoff- und Recyclingtechnik), który zaowocował współpracą z prof. dr hab. inż. Andrzejem Błędzkim dr h.c., zajmującym się kompozytami termoplastycznymi z włóknami naturalnymi. Współpraca nasza trwa nieprzerwanie po dzień dzisiejszy. Dzięki Profesorowi poszerzyłam swój obszar badawczy - o materiały polimerowe wzmacniane surowcami ze źródeł odnawialnych. Realizowałam projekty badawcze krajowe *(załącznik nr 4, pkt. 1.6 poz. 3)* i europejskie *(załącznik nr 4, pkt. 1.6 poz. 1 i 2)*, których kierownikiem był Profesor, a dotyczących kompozytów termoplastycznych i duroplastycznych na osnowie żywicy epoksydowej wzmacnianych mikrowłóknami z łusek zbożowych. W przypadku projektu europejskiego *(załącznik nr 4, pkt. 1.6 poz. 1)* byłam kierownikiem projektu w Polsce.

Równolegle z prowadzonymi pracami badawczymi, opisanymi w **pkt. 4** autoreferatu, moja działalność naukowa skupia się także na trzech obszarach badawczych, nakierowanych na ochronę środowiska:

1) **opracowaniu i badaniu nowych biokompozytów epoksydowych na bazie surowców ze źródeł odnawialnych (opracowanie, wytwarzanie, modyfikacja osnowy i matrycy polimerowej, optymalizacja właściwości),**
2) **badaniu nowych lekkich epoksydowych biokompozytów warstwowymi typu sandwich do zastosowań technicznych,**
3) **możliwościami recyklingu i utylizacji hybrydowych materiałów polimerowych i wyrobów kompozytowych.**

Ochrona środowiska naturalnego jest warunkiem koniecznym dla zrównoważonego rozwoju gospodarczego we współczesnym świecie. Ochronę tę wymuszają zarówno zaostrzone regulacje prawne UE ograniczające, a nawet eliminujące stosowanie dotychczasowych technologii i materiałów w produkcji przemysłowej, jak i wzrost

świadomości ekologicznej społeczeństwa. Dlatego poszukiwanie i doskonalenie eko-przyjaznych metod produkcji oraz stosowanie nowych rozwiązań materiałowych ze szczególnym uwzględnieniem materiałów wytwarzanych z surowców ze źródeł odnawialnych stało się jednym z najważniejszych zadań dla nauki i techniki.

Jednym z rozwiązań stały się biokompozyty duroplastyczne wzmacniane **włóknami naturalnymi** jako alternatywa dla stosowanych dotąd kompozytów polimerowych wzmacnianych włóknami syntetycznymi, np. szklanymi. Zastosowanie biokompozytów wzrasta z roku na rok w wielu gałęziach przemysłu, przynosząc ich producentom i użytkownikom wiele korzyści technicznych, ekonomicznych i środowiskowych. Odznaczają się one mniejszą gęstością, relatywnie dobrymi właściwościami mechanicznymi, stanowią odciążenie środowiska naturalnego przez ich podatność na recykling i biodegradowalność, a także umożliwiają uniezależnienie się od niestabilnych cen ropy naftowej. Ponadto eko-przyjazny wizerunek biokompozytów wśród konsumentów przyczynia się do wspierania i rozwoju nowoczesnych, nieobciążających środowisko technologii produkcji i przetwarzania **[B1, B2]**.

Wśród naturalnych włókien naturalnych najczęściej stosowane w produkcji materiałów kompozytowych są włókna juty, sizalu, lniane, abaki, kenafu i mączki drzewnej. Jednakże stosowanie włókien naturalnych pozyskanych z roślin włóknodajnych lub drewna może prowadzić do wzrostu zapotrzebowania na tereny uprawne bądź powstania niepożądanych monokultur albo nazbyt intensywnych ingerencji w ekosystem leśny.

Interesującą, konkurencyjną alternatywą dla standardowych tworzyw polimerowych wzmacnianych włóknami drzewnymi (WPC) mogą być **mikrowłókna pozyskiwane z łusek zbożowych**, **które są do tej pory niezagospodarowanymi produktami ubocznymi i odpadami** przemysłu zbożowego powstającymi podczas mielenia różnych zbóż. Co więcej, są to mikrowłókna roślin pozyskiwanych w okresach liczonych w miesiącach, a nie wielu lat, jak mikrowłókien drewna. Za stosowaniem agrowłókien zamiast włókien drzewnych przemawia nie tylko znacznie krótszy okres odnawialności źródeł zaopatrzenia, ale też niższa o ok. 40 % cena oraz łatwiejsze pozyskiwanie i akwizycja.

W ramach dwóch europejskich projektów badawczych i jednego krajowego *(załącznik nr 4, pkt. 1.6 poz. 1, 2 i 3)* opracowano nowe biokompozyty epoksydowe wzmocnione 30 i 40 % wag. mikrowłóknami z łusek różnych zbóż: pszenicy, orkiszu, owsa, jęczmienia, ryżu. W celu zwiększenia adhezji na granicy włókno - osnowa powierzchnia mikrowłókien z łusek zbożowych została poddana enzymatycznej oraz plazmowej niskotemperaturowej modyfikacji.

Aby zwiększyć ilość bioskładnika w składzie biokompozytów użyto nie tylko włókien naturalnych, ale i biożywicę epoksydową uzyskaną przez zmieszanie żywicy epoksydowej i epoksydowanego oleju lnianego, a także bioutwardzacz. Wykazano w jakim stopniu potwierdza się to, że im wyższa zawartość bioskładnika w układzie żywicznym, tym właściwości termiczne i mechaniczne maleją **[B3]**.

Dodatkowo opracowano nowe hybrydowe biokompozyty epoksydowe wzmocnione mikrowłóknami z łusek zbożowych (owies, jęczmień) i mączką drzewną. Opracowano również biokompozyty epoksydowe wzmocnione 40 % wag. naturalnymi włóknami krótkimi abaki i juty.

Z przeprowadzonych badań **biokompozytów epoksydowych wzmocnionych modyfikowanymi plazmowo bądź enzymatycznie mikrowłóknami z łusek różnych zbóż** (orkisz, pszenica, ryż, owies, jęczmień) wynika, że najlepsze właściwości wzmacniające, porównywalne do materiału referencyjnego (mikrowłókna drewna miękkiego) zapewniły mikrowłókna orkiszu, owsa i jęczmienia **[B4]**. Plazmowa modyfikacja powierzchni mikrowłókien, podobnie jak i modyfikacja enzymatyczna umożliwia poprawę właściwości termicznych (np. temperatury zeszklenia o kilka stopni Celsjusza) i mechanicznych (np. udarności o ok. 40 %, a wytrzymałości na zginanie o ok. 15 %) biokompozytów, jednak uzyskane wyniki wskazują, że nieco korzystniejszy wpływ na ich właściwości wywiera modyfikacja plazmowa mikrowłókien aniżeli modyfikacja enzymatyczna **[B4, B5]**.

Wykazano ponadto, że **wzmocnienie włóknami krótkimi** (2 mm), szczególnie abaki, sprzyja znacznemu zwiększeniu udarności, a dodatek włókien juty - podwyższeniu temperatury ugięcia cieplnego, zaś umocnienie mikrowłóknami z łusek zbożowych - uzyskaniu odpowiedniej sztywności biokompozytu epoksydowego **[B6]**.

Opracowana została (2014-2015) **Karta Aplikacji Produktu** (materiał, technologia, ekspertyza), którym była osłona silnika motocykla KTM690CF z innowacyjnego hybrydowego gradientowego biokompozytu epoksydowego *(załącznik nr 4, pkt. 1.2)*. Osłona ta, opracowana we współpracy z firmą Carbon Fox sp. z o.o., zaprezentowano podczas VI Międzynarodowych Targach Kompozytów - EXPO „Materiały, Technologie i Wyroby Kompozytowe" w Krakowie w 2015 roku *(załącznik nr 4, pkt. 1.1 poz. 10f ; załącznik nr 7B).*

Opracowane hybrydowe materiały kompozytowe wykazały wyższe właściwości, zwłaszcza wzrost sztywności i odporności na kruche pękanie w porównaniu do klasycznego kompozytu z mączką drzewną i mogą stanowić jego przyjazną środowisku alternatywę. Zastosowanie kombinacji włókien naturalnych o zróżnicowanej geometrii jako hybrydowe wzmocnienie biokompozytów polimerowych może pozwolić na modyfikację właściwości wytwarzanych materiałów zależnie od stawianych im wymagań technicznych **[B7]**.

Najistotniejszą konkluzją z przeprowadzonych badań jest to, że mikrowłókna z łusek zbożowych, będących dotychczas niezagospodarowanym produktywnie odpadem w przemyśle zbożowym, mogą stanowić racjonalną alternatywę dla innych, powszechnie stosowanych włókien wzmacniających biokompozyty polimerowe w zastosowaniach wymagających relatywnie dobrej sztywności i odporności na kruche pękanie. Łuski zbożowe są bowiem najtańszym, najszybciej odnawialnym i łatwo dostępnym surowcem do produkcji mikrowłókien wzmacniających.

Drugi z ww. obszarów moich zainteresowań badawczo-naukowych dotyczy **lekkich epoksydowych biokompozytów warstwowych typu sandwich do zastosowań technicznych.**

Wzmacniane materiały kompozytowe są obecnie kluczowe we współczesnym świecie, z licznymi zastosowaniami, od najprostszych artykułów gospodarstwa domowego po zaawansowane aplikacje w przemyśle lotniczym, militarnym, motoryzacyjnym i energetyce wiatrowej. Głównym czynnikiem wpływającym na dynamiczny rozwój konstrukcyjnych materiałów kompozytowych o coraz lepszej jakości jest dążenie do wydajnego wytwarzania

materiałów i produktów o jak najlepszych właściwościach wytrzymałościowych, trwałości, sztywności, niskiej masie, a także odpornych na korozję oraz eko-przyjaznych środowisku, przy jednoczesnym obniżeniu kosztów ich eksploatacji. Atrakcyjnymi materiałami konstrukcyjnymi spełniającymi takie wysokie kryteria są warstwowe materiały kompozytowe tzw. **kompozyty przekładkowe**. Poprzez zastosowanie lekkiego rdzenia w kompozycie zyskuje się niebywałą sztywność w stosunku do ciężaru elementu. Natomiast dzięki redukcji ciężaru osiąga się znaczne zmniejszenie emisji dwutlenku węgla przy ich produkcji, jak też w eksploatacji w stosunku do tradycyjnych rozwiązań. Biokompozyty wzbudzają coraz większe zainteresowanie, nie tylko ze względu na przyjazny charakter oddziaływania na środowisko naturalne, ale przede wszystkim na wyjątkowe właściwości, których producenci materiałów syntetycznych nie są w stanie odtworzyć. Takimi biokompozytami są **sandwicze**, których materiał rdzeniowy stanowi **naturalny aglomerat korkowy**. Aglomerat korkowy charakteryzuje się szeregiem unikalnych właściwości, jak odporność chemiczna i biologiczna oraz wysoka izolacyjność termiczna i akustyczna, a także trudnopalność, nieprzepuszczalność dla cieczy i gazów, wysoka odporność na zużycie i temperaturę, a przy tym wszystkim cechuje się jednocześnie małym ciężarem właściwym **[B8, B9, B10]**.

- Opracowano wielowarstwowe płyty biokompozytów, gdzie materiałem okładzinowym był laminat epoksydowo-szklany, a materiałem rdzeniowym naturalny aglomerat korkowy o różnych grubościach (od 6 do 25 mm), a wytworzono je metodą worka próżniowego i metodą infuzji. Zaobserwowano, że wartości właściwości wytrzymałościowych maleją wraz ze wzrostem grubości przekładki lekkiej. Spowodowane jest to znaczną różnicą w udziale wzmocnienia i osnowy w strukturze biokompozytu. Mianowicie, im grubsza przekładka lekka, tym udział wzmocnienia i osnowy znacząco maleje, a biokompozyt charakteryzuje się zwiększoną zdolnością do sprężystości i absorpcji energii, przy jednoczesnym zmniejszeniu wytrzymałości mechanicznej i ciężaru właściwego. Wykazano, że biokompozyty z przekładką aglomeratu korkowego wykonane metodą infuzji odznaczają się wyższą wytrzymałością na zginanie czteropunktowe i wytrzymałością na ściskanie od wytrzymałości biokompozytów wytworzonych metodą worka próżniowego, odpowiednio o ok. 15 % i 35 % **[B11 i B12]**.

- Opracowano również biokompozyty warstwowe, gdzie materiałem okładzinowym był laminat epoksydowo-szklany, a materiałami rdzeniowymi - pianka syntetyczna lub aglomerat korkowy o różnych gęstościach (odpowiednio od 60 do 130 kg/m^3 i od 120 do 200 kg/m^3). Płyty wielowarstwowe wytworzone zostały za pomocą metody worka próżniowego. Wykazano, że kompozyt z pianką syntetyczną charakteryzuje się dużo wyższą statyczną wytrzymałością na zginanie czteropunktowe, zaś kompozyt z przekładką z aglomeratu korkowego długotrwałą odpornością zmęczeniową. Porównując te dwie cechy materiałów kompozytowych można wyciągnąć wniosek, że kompozyt z naturalnym aglomeratem korkowym mimo braku najwyższych właściwości statycznych lecz posiadający niezrównanie dużą odporność zmęczeniową może z powodzeniem zastępować tradycyjną, syntetyczną piankę, a co więcej, prezentować dodatkowe walory użytkowe na wysokim poziomie **[B13]**.

- Opracowano także sandwicze, gdzie materiałem okładzinowym kompozytów Plycork Alu była blacha aluminiowa, zaś materiałem rdzeniowym naturalny aglomerat korkowy w różnych grubościach (od 9 do 33 mm). Sandwicze wytworzono metodą klejenia próżniowego

z wykorzystaniem membranowej prasy podciśnieniowej. Przeprowadzone badania kompozytów Plycork Alu wykazały istotny wpływ zmiany grubości materiału rdzeniowego na właściwości mechaniczne kompozytu. Zatem sterując grubością materiału rdzeniowego można optymalizować właściwości w zależności od stawianych wymagań. Lekkie wielowarstwowe biokompozyty aluminiowo-korkowe mogą z powodzeniem zastąpić klasyczne materiały (jak np. sklejka brzozowa), w wielu zastosowaniach w przemyśle transportowym dzięki ich zaletom zwłaszcza w zakresie wzrostu bezpieczeństwa użytkownika. Badania wykazały bowiem brak zagrożeń związanych z toksycznością uwalnianych gazów podczas prób palności paneli biokompozytów, jak też braku ostrych krawędzi przy niszczeniu materiału **[B14]**.

Zatem podczas projektowania lekkich konstrukcji biokompozytowych ważnym aspektem jest nie tylko dobór komponentów kompozytu, ale także wybór odpowiedniej metody wytwarzania, bowiem dzięki temu w dość znacznym stopniu można sterować pożądanymi właściwościami materiałów kompozytowych.

We współpracy z firmą Carbon Fox sp. z o. opracowano (2013-2016) **sześć Kart Aplikacji Produktu (materiał, technologia, ekspertyza)** - lekkie warstwowe biokompozyty wzmocnione materiałami pochodzenia naturalnego (korek naturalny) do zastosowań w motosporcie, w budowie środków transportu, w górnictwie i w medycynie *(załącznik nr 4, pkt. 1.2; załącznik nr 7B).*

Trzeci z ww. obszarów moich zainteresowań badawczo-naukowych dotyczy **możliwościami recyklingu i utylizacji hybrydowych materiałów polimerowych i wyrobów kompozytowych**.

Sposoby recyklingu kompozytów polimerowych w kraju i Europie, ze szczególnym uwzględnieniem kompozytów duroplastycznych wzmacnianych włóknami szklanymi lub węglowymi oraz sposoby rozwiązywania problemów związanych z recyklingiem kompozytów oraz regulacje prawne w tym zakresie, obowiązujące w Unii Europejskiej, a także techniki rozdzielania hybrydowych materiałów warstwowych zostały opublikowane w kilku artykułach przeglądowych **[B16, B17]**.

Najważniejsze publikacje z pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych:

[B1. - zał. 3, pkt. II, poz. F1] Błędzki A.K., Jaszkiewicz A., **Urbaniak M. (50%)**, Stankowska-Walczak D.: Biocomposites - in the Past and in the Future, Fibres & Textiles in Eastern Europe 2012, 20 (96), 15-22 **(JCR IF 0.801)**.

[B2. - zał. 3, pkt. II, poz. F2] Błędzki A.K., **Urbaniak M. (60%)**, Jaszkiewicz A., Feldmann M.: Włókna celulozowe jako alternatywa dla włókien szklanych w kompozytach polimerowych, Polimery 2014, 59 (5), 372-382 **(JCR IF 0.633)**.

[B3. - zał. 3, pkt. II, poz. G1] Bledzki A.K., **Urbaniak M. (50%)**, Böttcher A., Berger Ch., Pilawka R.: Bio-based epoxies and composites for technical applications, Key Engineering Materials 2013, 559, 1-6.

[B4. - zał. 3, pkt. II, poz. G2] **Urbaniak M. (80%)**, Błędzki A.K.: Biokompozyty epoksydowe wzmacniane mikrowłóknami z odpadów zbożowych, Przetwórstwo tworzyw 2013, 5 (155) 19, 554-557.

[B5. - zał. 3, pkt. II, poz. G3] **Urbaniak M. (90%)**, Bledzki A.K.: Epoxy biocomposites reinforced with cellulose microfibres modified by cold plasma, 22nd Annual International Conference on Composites/Nano Engineering (ICCE-22), July 13-19, 2014, Malta, ed.: David Hui, Malta: International Community for Composites Engineering, 2014, 915-916.

[B6. - zał. 3, pkt. II, poz. G4] **Urbaniak M. (80%)**, Błędzki A.K.: Biokompozyty epoksydowe wzmacniane naturalnymi włóknami krótkimi oraz mikrowłóknami z łusek zbożowych, Inżynieria Materiałowa 2015, 5 (207), 211-215.

[B7. - zał. 3, pkt. II, poz. G5] **Urbaniak M. (80%)**, Błędzki A.K.: Hybrydowe biokompozyty polimerowe wzmocnione mikrowłóknami z łusek zbożowych i mączką drzewną, Przetwórstwo Tworzyw 2017, 23 (5), 458-465.

[B8. - zał. 3, pkt. II, poz. F3] **Urbaniak M. (40%)**, Gołuch-Góreczna R., Błędzki A.K., Gajdziński S.: Korek naturalny. Cz.I. Uprawy dębu korkowego, makro- i mikroskopowa morfologia korka, Polimery 2017, 62 (5), 388-393 **(JCR IF 0.778)**.

[B9. - zał. 3, pkt. II, poz. F4] **Urbaniak M. (40%)**, Gołuch-Góreczna R., Błędzki A.K., Gajdziński S.: Korek naturalny. Cz.II. Właściwości i zastosowania, Polimery 2017, 62 (6), 472-480 **(JCR IF 0.778)**].

[B10.- zał. 3, pkt. II, poz. F5] **Urbaniak M. (90%)**, Błędzki A.K.: Korek naturalny w przemyśle chemicznym i medycynie, Przemysł Chemiczny 2017, 96 (1), 158-161 **(JCR IF 0.385)**.

[B11.- zał. 3, pkt. II, poz. G6] Gołuch-Góreczna R., **Urbaniak M. (40%)**, Błędzki A.K.: Biokompozyty na bazie naturalnego aglomeratu korkowego wytwarzane metodą worka próżniowego, Przetwórstwo Tworzyw 2017, 23 (6), 527-534.

[B12.- zał. 3, pkt. II, poz. G7] Gołuch-Góreczna R., **Urbaniak M. (40%)**, Błędzki A.K.: Właściwości biokompozytów na bazie naturalnego aglomeratu korkowego wytworzonych metodą infuzji, Przetwórstwo Tworzyw 2017, 23 (4), 316-323.

[B13.- zał. 3, pkt. II, poz. F6] **Urbaniak M. (45%)**, Goluch-Goreczna R., Bledzki A.K.: Natural Cork Agglomerate as an Ecological Alternative in Constructional Sandwich Composites, BioResources 2017, 12 (3), 5512-5524 **(JCR IF 1.321)**.

[B14.- zał. 3, pkt. II, poz. G8] **Urbaniak M. (30%)**, Gołuch R., Błędzki A.K., Gajdziński S., Krysiński P., Józefiak A.: Lekkie kompozyty konstrukcyjne na bazie surowców odnawialnych do zastosowań w transporcie, Transport Przemysłowy i Maszyny Robocze 2014, 2(24), 63-67.

[B15.- zał. 3, pkt. II, poz. F7] Goluch-Goreczna R., **Urbaniak M. (30%)**, Bledzki A.K., Borowiecki C., Krysinski P.: Lightweight Construction of Aluminum-cork Sandwich Composites in the Transportation Industry, BioResources 2018, 13 (4), 8539-8554 **(JCR IF 1.202)**.

[B16. - zał. 3, pkt. II, poz. F8] Błędzki A.K., Gorący K., **Urbaniak M. (30%)**: Możliwości recyklingu i utylizacji materiałów polimerowych i wyrobów kompozytowych, Polimery 2012, 57 (9), 620-626 **(JCR IF 0.470)**.

[B17. - zał. 3, pkt. II, poz. G9] Błędzki A.K., Gorący K., Stańkowska-Walczak D., **Urbaniak M. (25%)**: Możliwości rozdzielenia i utylizacji hybrydowych materiałów warstwowych, Przetwórstwo tworzyw 2013, 5 (155) 19, 468-470.

Przedstawione w powyższym autoreferacie wyniki moich szerokich badań naukowych, stanowiących podstawę do ubiegania się o uzyskanie stopnia doktora habilitowanego nauk technicznych, prezentowane były także na zagranicznych, międzynarodowych i krajowych konferencjach oraz międzynarodowych targach branżowych, w których uczestniczyłam *(załącznik nr 4, pkt. 3.2).*

5.3 Działalność dydaktyczna i popularyzatorska

Od początku trwania studiów doktoranckich, a później na stanowisku asystenta i adiunkta prowadzę zajęcia dydaktyczne z przedmiotów w obszarze Budowa i Eksploatacja Maszyn. Zajęcia realizuję w ramach studiów stacjonarnych i niestacjonarnych I stopnia na wszystkich kierunkach studiów prowadzonych na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki (WIMiM) Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie (ZUT): Mechanika i Budowa Maszyn, Mechatronika, Inżynieria materiałowa, Energetyka, Transport, Zarządzanie i Inżynieria Produkcji, Inżynieria Środowiska. **Dydaktyka obejmuje** ćwiczenia audytoryjne i wykłady z przedmiotów: Mechanika, Mechanika techniczna, Mechanika z wytrzymałością materiałów, Mechanika budowli, Wytrzymałość materiałów. Ponadto prowadziłam ćwiczenia audytoryjne z przedmiotu Mechanika dla kierunku Elektrotechnika na Wydziale Elektrycznym Politechniki Szczecińskiej.

Opracowałam 9 programów kształcenia oraz materiały wykładowe z przedmiotów: Mechanika, Mechanika techniczna, Mechanika z wytrzymałością materiałów, Polymer Processing II *(załącznik nr 4, pkt. 2.1)*. Ponadto opracowałam lub brałam udział w opracowaniu i utworzeniu 11 stanowisk dydaktycznych i naukowo-badawczych *(załącznik nr 4, pkt. 2.3).*

Oprócz przedmiotów realizowanych w języku polskim od 2010 roku prowadziłam także **zajęcia dydaktyczne w ramach programu Erasmus** dla studentów zagranicznych (głównie z Turcji i Hiszpanii) studiujących na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki ZUT. Wykłady (po 30 godz.) i ćwiczenia laboratoryjne (po 30 godz.) z przedmiotu *Polymer Processing II* prowadziłam cyklicznie w języku angielskim.

W ramach opieki naukowej nad studentami byłam **promotorem lub współpromotorem prac dyplomowych**, w tym **4 prac dyplomowych magisterskich** realizowanych na studiach stacjonarnych II stopnia na kierunku Inżynieria Materiałowa z Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki ZUT oraz **6 prac dyplomowych inżynierskich** realizowanych na studiach stacjonarnych I stopnia na kierunku Inżynieria Materiałowa z Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki ZUT oraz na kierunku Budowa Jachtów z Wydziału Techniki

Morskiej i Transportu ZUT. Sprawowałam opiekę nad **4 pracami przejściowymi**. Prace te były bezpośrednio związane z prowadzonymi przeze mnie badaniami. Ponadto byłam recenzentem kilka prac dyplomowych inżynierskich i magisterskich. Szczegółowy opis moich dyplomantów zamieszczono w *załączniku nr 4, pkt 2.4.*

Moje umiejętności dotyczące opieki naukowej nad studentami skutkowały powierzeniem mi pełnienia funkcji **promotora pomocniczego w przewodzie doktorskim** dwóch osób. Przewód doktorski mgr inż. Piotra Franciszczaka pt.: „Hybrydowe biokompozyty włókniste o osnowie polipropylenowej. Wytwarzanie, struktura fazowa i właściwości fizyczne" został decyzją Rady Wydziału WIMiM ZUT otwarty w dn. 04.03.2014 r., zaś mgr inż. Agnieszki Meljon pt. „Biopoliestry z hybrydowym wzmocnieniem celulozowym: stabilizacja polimeru, modyfikacja interfazy", zastał otwarty w dn. 22.03.2016 r. (udokumentowanie funkcji promotora pomocniczego w przewodzie doktorskim zamieszczono w *załączniku nr 7D*).

Byłam **opiekunem grup studenckich** kierunku Mechanika i Budowa Maszyn w latach 2009-2016 *(załącznik nr 7D).*

Byłam lub jestem zaliczana do **obsady minimum kadrowego** na kierunkach: Inżynieria Środowiska (studia stacjonarne I stopnia) w roku akad. 2007/2008 i 2008/2009 oraz na kierunku Mechatronika (studia stacjonarne I stopnia) - od roku akad. 2012/2013 do chwili obecnej.

Jako nauczyciel akademicki prowadziłam dużą liczbę zajęć dydaktycznych (w latach 2005-2018 obciążenie dydaktyczne wyniosło 132 %), zarówno wykładów, jak i ćwiczeń audytoryjnych i laboratoryjnych. Zawsze kładłam duży nacisk na staranne przygotowywanie materiałów dydaktycznych, zaś treści wykładów cyklicznie wzbogacałam, wykorzystując przy tym multimedia. Uczestniczę każdego roku w różnego rodzaju szkoleniach, targach i innych imprezach popularyzujących naukę i nowoczesne technologie. W przeprowadzanych ankietach zawsze byłam wysoko oceniana przez studentów (w ww. okresie ocena średnia 4,7).

Chętnie angażowałam się w różne inicjatywy na Wydziale i przez Dziekana Wydziału zostałam powołana do prac **Komisji Wydziałowych i Zespołów eksperckich**. W zakresie działalności dydaktycznej i organizacyjnej prowadzonej na Wydziale aktywnie uczestniczyłam i dalej pracuję, między innymi w:

- Wydziałowa Komisja ds. Jakości Kształcenia (2010-2016) - członek
- Pełnomocnik Dziekana WIMiM ds. ankietyzacji i hospitacji zajęć dydaktycznych (2009-2016)
- Zespół Programowy kierunku studiów Mechatronika (2012-2020) - członek
- Wydziałowa Komisja Rekrutacyjna (na rok akad. 2006/2007 i 2009/2010) - członek
- Komisja ds. Egzaminów Dyplomowych (od 2011 r. w Katedrze Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn; od 2012 r. w Instytucie Inżynierii Materiałowej WIMiM ZUT) - członek
- Uczelniana i Odwoławcza Komisja Dyscyplinarna dla studentów Wydziału Mechanicznego Politechniki Szczecińskiej (2005-2008) - członek

- Wydziałowa Komisja Konkursowa „Młoda Kadra” na granty dziekańskie (2018-2019) - członek
- Komisja Konkursowa ds. przyznawania stypendiów naukowych studentom zamawianego kierunku Mechanika i Budowa Maszyn (2009-2012) - członek
- Zespół ds. realizacji Wewnętrznego Systemu Zapewnienia Jakości Kształcenia Wydziału Mechanicznego Politechniki Szczecińskiej (2007-2008) - członek

Udokumentowanie uzyskanych powołań do Komisji i Zespołów Wydziałowych przedstawiono w *załączniku nr 7D i 7F*.

Propagując wśród młodzieży wiedzę z zakresu nauk technicznych uczestniczyłam w pięciu edycjach XIV- XVIII Zachodniopomorskiego Festiwalu Nauki (2014-2018) i trzech edycjach Mocy Naukowców (2017-2019). Ponadto uczestniczyłam w trzech edycjach Europejskiej Nocy Naukowców (2014, 2015, 2018) mających na celu **upowszechnianie wiedzy technicznej i popularyzacje osiągnięć naukowych** wśród dzieci, młodzieży i ich rodziców oraz dziadków, a także udzielałam się w Zachodniopomorskim Technologicznym Uniwersytecie Trzeciego Wieku (2017, 2019) w sprawie upowszechniania wiedzy z zakresu inżynierii mechanicznej i mechatronicznej wśród seniorów z różnych miejscowości województwa zachodniopomorskiego. Powyższe imprezy popularno-naukowe na Wydziale organizowałam i koordynowałam, jak również prowadziłam zajęcia dla słuchaczy Uniwersytetu Trzeciego Wieku *(załącznik nr 4, pkt. 2.8, 2.9 i 4.3)*.

Programy edukacyjne dla dzieci i seniorów, które organizowałam i koordynowałam na Wydziale: „Dziecięcy Uniwersytet Technologicznego w Szczecinie DUTEK” (2017, 2018-2019) oraz „Zachodniopomorski Technologiczny Uniwersytet Trzeciego Wieku” (2017, 2019), a także impreza popularno-naukowa „Europejska Noc Naukowców” (2018) były prowadzone w ramach projektów popularyzatorskich (Biura Promocji ZUT) finansowanych ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego i programu POWER *(załącznik nr 4, pkt. 2.9)*. Ponadto organizuję i koordynuję tzw. wycieczki edukacyjne dla uczniów szkół średnich ze Szczecina i regionu, których celem jest bezpośrednie zapoznawanie młodzieży z pracą naukowo-badawczą realizowaną w Laboratoriach Wydziału i zachęcam do studiowania na Wydziale. Udokumentowanie otrzymanych listów gratulacyjnych przedstawiono w *załączniku nr 7D.*

5.4 Działalność funkcyjna i organizacyjna

Uczestniczę chętnie w pracach organizacyjnych Katedry Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn, jak i Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki ZUT.

Od 2012 roku jestem Kierownikiem Zakładu Mechaniki Technicznej w Katedrze Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki ZUT. Koordynuję także pracę Laboratorium Wytrzymałości Materiałów, które bezpośrednio podlega Zakładowi Mechaniki Technicznej. Ważniejsze zadania, które zrealizowałam: współopracowanie fiszki przedsięwzięcia i wniosku projektu aparaturowego o dofinansowanie zakupu elektrodynamicznej maszyny wytrzymałościowej i młota udarnościowego ze środków RPO (2015-2019), który jest na etapie finalizacji; współopracowanie dokumentacji akredytacyjnej (2010, 2013, 2016) „Świadectwo Uznania”

Laboratorium Wytrzymałości Materiałów przez Polski Rejestr Statków; przygotowanie (2012) i aktualizacja „Oferty naukowo-badawczej Zakładu Mechaniki Technicznej" w ramach odpłatnej oferty naukowo-badawczej adresowanej do odbiorcy zewnętrznego; koordynowanie prac związanych z modernizacją dwóch maszyn wytrzymałościowych (2013); koordynacja remontów (2009, 2011, 2018-2019) pomieszczeń Laboratorium Wytrzymałości Materiałów i opracowanie koncepcji ich wyposażenia; planowanie zajęć dydaktycznych dla pracowników i doktorantów Zakładu Mechaniki Technicznej; koordynowanie (2012-2013) opracowania lub aktualizacji instrukcji do ćwiczeń laboratoryjnych z przedmiotu Wytrzymałość materiałów, Metody Elementów Skończonych; współopracowanie (2016) rozdziału do albumu z okazji Jubileuszu „70 lat Tradycji Akademickich Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki ZUT w Szczecinie" pt. Działalność Katedry Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn; koordynowanie prac związanych z promocją Katedry Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn podczas imprez popularno-naukowych *(załącznik nr 4, pkt. 4.1)*.

Inne moje główne działalności funkcyjne i organizacyjne na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki ZUT:

- Pełnomocnik Dziekana Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki ZUT ds. ankietyzacji zajęć dydaktycznych (2009-2016) *(załącznik nr 4, pkt. 4.2)*
- Pełnomocnik Dziekana Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki ZUT ds. Promocji (2016-2020) *(załącznik nr 4, pkt. 4.3)*
- członek Wydziałowej Komisji ds. Jakości Kształcenia na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki ZUT (2010-2016) *(załącznik nr 4, pkt. 4.4)*
- członek Rady Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki ZUT (2008-2020)
- członek Komitetu Organizacyjnego Obchodów Jubileuszu 70 lat Tradycji Akademickich Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki ZUT (2017) *(załącznik nr 4, pkt. 4.11)*

Moja działalność funkcyjna i organizacyjna została szczegółowo przedstawiona w *załączniku nr 4, pkt. 4.1-4.12* i udokumentowana w *załączniku nr 7D i 7F*.

5.5 Podsumowanie dorobku naukowego (skrócone)

Przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora opublikowałam **7 publikacji**, w tym jedną publikację w czasopiśmie z Listy Filadelfijskiej i sześć publikacji pełnotekstowych w materiałach krajowych konferencji naukowych i naukowo-technicznych. Ponadto wykonałam 9 prac badawczych na zlecenie polskiego (Marine Service Jaroszewicz) i niemieckiego (H.A. Springer Marine Industrie Service GmbH) przedsiębiorstwa przemysłowego.

Mój dorobek naukowy **po uzyskaniu stopnia naukowego doktora** obejmuje **43 publikacje naukowe** autorskie lub współautorskie, z czego: 15 artykułów w recenzowanych czasopismach indeksowanych przez filadelfijski Instytut Informacji Naukowej, wyróżnionych w bazie Journal Citation Reports JCR *(BioResources - 2; Polimery - 11; Fibres & Textiles in Eastern Europe - 1; Przemysł Chemiczny - 1)* oraz 22 publikacji w recenzowanych czasopismach krajowych i zagranicznych *(Key Engineering Materials - 1; Advances in Science and Technology Research Journal - 1; Inżynieria materiałowa - 6; Transport*

Przemysłowy i Maszyny Robocze - 1; Kompozyty - 2; Tworzywa Sztuczne w Przemyśle - 1; Przetwórstwo Tworzyw - 5; Tworzywa Sztuczne i Chemia - 5) i 5 publikacji pełnotekstowych w materiałach konferencyjnych krajowych i międzynarodowych, a także obszerna zbiorowa monografia naukowo-techniczna wydana w trzech językach (polskim, angielskim i rosyjskim). Z opublikowanych 43 pozycji publikacyjnych **jest 12 publikacji monoautorskich**, w tym: 5 artykułów w czasopismach ujętych w bazie Journal Citation Reports (JCR) i 7 publikacji w czasopismach innych niż JCR. Pozostałe artykuły są wieloautorskie (od 2 do 6 współautorów). Współautorskie publikacje będące wynikiem mojej szerokiej współpracy nie tylko z ośrodkami krajowymi (Pomorski Uniwersytet Medyczny, Instytut Inżynierii Materiałowej ZUT, Instytut Polimerów ZUT) i zagranicznymi (Universität Kassel w Niemczech), jak też współpracy z przedsiębiorstwami przemysłowymi krajowymi (Marine Service Jaroszewicz s.c. ze Szczecina, Carbon Fox sp. z o.o. z Rajkowa, Rawicka Fabryka Wyposażenia Wagonów RAWAG sp. z o.o. z Rawicza) i zagranicznymi (Boettcher Consult z Heidelberg w Niemczech) są odzwierciedleniem szerokiego charakteru prowadzonych badań naukowych.

Sumaryczny Impact Factor (IF) moich publikacji naukowych wg Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania, wynosi **IF = 12.787**, zaś z uwzględnieniem udziału procentowego - **9.063**. Natomiast sumaryczna liczba punktów wg wykazów MNiSW, zgodnie z rokiem opublikowania artykułów w czasopismach naukowych, zawartych w bazie danych JCR (lista A) i spoza bazy JCR (lista B), wynosi 310 + 195 = **505 punktów**, a z uwzględnieniem udziału procentowego jest równa 209,5 + 106,5 = **316 punktów.**

Wskaźniki bibliograficzne: Moje publikacje cytowane były **82** razy (bez autocytowań 57), zgodnie z bazą danych *Web of Science Core Collection*, w której jest włączonych 19 publikacji. **Indeks Hirscha** opublikowanych przeze mnie prac wg bazy *Web of Science Core Collection* wynosi **5.** Natomiast indeks Hirscha wg baz danych *Scopus* i *Google Scholar Citations* - wynosi odpowiednio **5** i **7**, a liczba publikacji włączonych do tych baz, odpowiednio 16 i 37, zaś liczba cytowań odpowiednio **83** (bez autocytowań 61) i **159** (dane z dnia 19.04.2019 r. - wydruki w załączniku nr 3).

Liczne tytuły wystąpień konferencyjnych krajowych i zagranicznych oraz międzynarodowych targów branżowych przedstawione w załączniku nr 3 (pkt.II poz. J÷M) są wynikiem upowszechniania prac prowadzonych w ramach badań własnych oraz udziału w **6 projektach badawczych**. W 5 z nich byłam wykonawcą lub głównym wykonawcą, a w 1 - kierownikiem. Trzy projekty badawcze były prowadzone we współpracy z przedsiębiorstwami przemysłowymi krajowymi (Marine Service Jaroszewicz s.c., Carbon Fox sp. z o.o.) i zagranicznymi (Institut für Lebensmittel- und Umweltforschung e. V. z Niemiec, Novo-Tech GmbH & Co. KG z Niemiec) *(załącznik nr 4, pkt. 1.6).*

Brałam aktywny udział w **3 konferencjach międzynarodowych i 5 zagranicznych** (w USA, Hiszpanii, Portugalii, na Malcie i Łotwie), na których wygłosiłam 6 referatów (w tym dwa referaty na zaproszenie organizatorów) i zaprezentowałam 2 postery *(załącznik nr 4, pkt. 3.2).* Były to, między innymi, tak renomowane konferencje jak:"International Conference on Composite Structures", "European Conference of Composite Materials", "International Conference on Composites/Nano Engineering". Referatami na zaproszenie były:

- na zaproszenie Przewodniczącego Komitetu Organizacyjnego Konferencji (dr Johannes Ganster) wygłosiłam referat plenarny pt. "Cellulose Fiber Reinforced Bio-Based Epoxy Resins" autorstwa: Urbaniak Magdalena, Bledzki Andrzej, Berger Christian, Böttcher Axel w jubileuszowej sesji pt: "From Cellulose Raw Materials to Novel Products - Anselme Payen Award Symposium in Honor of Professor Hans-Peter Fink" podczas konferencji 245th National Meeting and Exposition of the American Chemical Society (ACS), New Orleans, Louisiana, USA, April 7-11, 2013.
- na zaproszenie Przewodniczącego Komitetu Organizacyjnego Konferencji (dr Jānis Zicāns) wygłosiłam referat pt. „Bio-based epoxies and composites for technical applications" autorstwa: Bledzki Andrzej, Urbaniak Magdalena, Böttcher Axel, Berger Christian, Pilawka Ryszard, podczas Baltic Polymer Symposium, Liepaja, Latvia, September 19-22, 2012.

Uczestniczyłam aktywnie także w 6 **konferencjach krajowych**, w tym tak znanych cyklicznych konferencjach, jak: „Nowe Materiały - Nowe Technologie w Przemyśle Okrętowym i Maszynowym", „Polimery i Kompozyty Konstrukcyjne", „Modyfikacja Polimerów", „Problemy Rozwoju Maszyn Roboczych", podczas których wygłosiłam 6 referatów. M. in. wygłosiłam plenarny referat na zaproszenie Przewodniczącego Komitetu Organizacyjnego Konferencji (prof. Ryszarda Stellera) pt. „Mikrowłókna z łusek zbożowych jako wzmocnienie biokompozytów epoksydowych" autorstwa: Urbaniak Magdalena, Błędzki Andrzej, podczas XXI Konferencji Naukowej „Modyfikacja Polimerów", Kudowa-Zdrój, 18-20 września 2013. Ponadto uczestniczyłam w 4 **seminariach międzynarodowych i krajowych,** wygłaszając referaty *(załącznik nr 4, pkt. 3.2).*

Uczestniczyłam aktywnie ponadto w 5 **targach branżowych międzynarodowych,** w tym tak znanych cyklicznych targach jak: „Międzynarodowe Targi Kompozytów - EXPO, Technologie i Maszyny do Produkcji Materiałów Kompozytowych w Krakowie", „Międzynarodowe Targi Tworzyw Sztucznych i Gumy - EPLA w Poznaniu", „Międzynarodowe Targi Poznańskie: Innowacje - Technologie - Maszyny. Nauka dla Gospodarki", wygłaszając 3 referaty i prezentując 2 postery. Ponadto, we współpracy z firmą Carbon Fox sp. z o.o. opracowałam i pokazałam (w ramach projektu badawczego) innowacyjny prototyp demonstracyjny w postaci osłony silnika motocykla KTM 690CF (z gradientowego biokompozytu epoksydowego wzmocnionego mikrowłóknami z łusek zbożowych i tkaniny jutowej, wytworzonego metodą infuzji w formach zamkniętych) i pokazanego na VI Międzynarodowych Targach Kompozytów - EXPO „Materiały, Technologie i Wyroby Kompozytowe", w Krakowie w dn. 25-26 listopada 2015 r. *(załącznik nr 4, pkt. 3.2).*

Ponadto **43 prac naukowych** mojego autorstwa przedstawione zostały również na konferencjach międzynarodowych i zagranicznych (9 prac) i krajowych (18 prac) oraz seminariach krajowych i międzynarodowych (11 prac), a także targach branżowych międzynarodowych (5 prac), w których nie mogłam uczestniczyć osobiście *(załącznik nr 4, pkt. 3.2).*

Ponadto, w ramach dorobku naukowego, opracowałam **8 tzw. Kart Aplikacji Produktu**, a także wykonałam **38 ekspertyz** (28 raportów w j. polskim, 10 raportów w j. angielskim) dla

krajowych i zagranicznych przedsiębiorstw przemysłowych *(załącznik nr 4, pkt. 1.2).* Wykonywałam w tym badania eksperymentalne nadzorowane przez Inspektorów Towarzystw Klasyfikacyjnych: Lloyds Register of Shipping (Wielka Brytania), Maritime Register of Shipping (Rosja), Bureau Veritas (Francja), niezbędne dla uzyskania wymaganych certyfikatów dla tworzyw chemoutwardzalnych (EPY®, Chockfast®, Epocast®), stosowanych na podkładki fundamentowe maszyn i urządzeń realizując zlecenia polskiego przedsiębiorstwa przemysłowego (Marine Service Jaroszewicz s.c.) i zagranicznych przedsiębiorstw przemysłowych (ITW Engineered Polymers, USA; H.A. Springer Marine Industrie Service GmbH, Niemcy).

Podpisane zostały także 3 porozumienia o wieloletniej współpracy z niektórymi przedsiębiorstwami przemysłowymi, w których jestem kierownikiem prac badawczych lub koordynatorem zespołu zadania badawczego (załącznik nr 7B). List gratulacyjny od firmy Marine Service Jaroszewicz s.c. oraz opisy efektów współpracy z firmą Carbon Fox sp. z o.o. przedstawiono w załącznik nr 7B.

Odbyłam dwumiesięczny **zagraniczny staż naukowy** w 2009 roku w jednostce naukowej - Universität Kassel, Institut für Werkstofftechnik w Kassel (Niemcy) oraz dwa **staże przemysłowe**, łącznie 9 miesięcy, w przedsiębiorstwie Marine Service Jaroszewicz s.c. w okresie od 01.12.2011 do 29.02.2012 r. oraz od 01.03.2013 do 31.08.2013 r. współfinansowane ze środków Unii Europejskiej (udokumentowanie staży w postaci zaświadczeń i raportu końcowego przedstawiono w załączniku nr 7C).

W roku 2012 byłam **członkiem zespołu eksperckiego** dot. oceny projektów badawczych finansowanych przez „Latvian Science Council (LSC)". W latach 2014-2016 byłam **członkiem centrum naukowego** „Centrum Technologii (Bio)Kompozytów - Zaawansowane systemy wytwarzania i materiały" w ramach Instytutu Autostrady Technologii i Innowacji (IATI) *(załącznik nr 4, pkt. 3.8 i 3.10).*

Byłam **recenzentem 14 manuskryptów zagranicznych i krajowych czasopism naukowych**, w tym 10 z bazy Journal Citation Reports (JCR): *Composites Science and Technology (IF 5.160), Carbohydrate Polymers (IF 4.219), Reviews in Chemical Engineering (IF 4.490), Composites Part B: Engineering (IF 2.983), Journal of Natural Fibers (IF 1.076), Computers and Concrete (IF 0.813), Fibres & Textiles in Eastern Europe (IF 0.626), Polimery (IF 0.718), Polymers & Polymer Composites (IF 0.461)* i 3 z innej bazy niż JCR: *Scientific Journals of Maritime University in Szczecin, Modelowanie Inżynierskie, Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza.* Byłam również **recenzentem 4 pełnotekstowych materiałów konferencyjnych** z Chin (*The 7th Global Conference on Materials Science and Engineering, November 1-4, 2018,* Xi'an, Shaanxi, China; *The 4th Global Conference on Polymer and Composite Materials, May 23-25, 2017, Guangzhou, China*) indeksowanych w bazie Web of Science (WoS) *(załącznik nr 4, pkt. 3.7).* Sumaryczny Impact Factor recenzowanych manuskryptów wynosi **IF 21.892** (wg bazy JCR).

Od 2000 roku jestem **członkiem towarzystwa naukowego** Polskiego Towarzystwa Materiałów Kompozytowych (PTMK).

Otrzymałam **5 Stypendiów Rektora Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie z Własnego Funduszu Stypendialnego** w roku 2010, 2012, 2015, 2017 i 2019 *(załącznik nr 7A)*.

Jak dotychczas otrzymałam **5 nagród indywidualnych II lub III stopnia JM Rektora ZUT (*ex.* Politechniki Szczecińskiej)** za osiągnięcia naukowe za rok 2005, 2007, 2008, 2015 i 2017. W 2016 roku otrzymałam **medal brązowy za długoletnią Służbę** - nagrodę za wzorowe, wyjątkowo sumienne wykonywanie obowiązków wynikających z pracy zawodowej w służbie Państwa. Legitymacja nr 12-2016-146, postanowienie z dnia 22.01.2016 r. Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej Andrzeja Dudy (kopie dokumentów poświadczających zyskane nagrody i wyróżnienia przedstawiono w *załączniku nr 7A*).

Literatura cytowana w autoreferacie

[1] Stachurski Z.H.: Deformation mechanisms and yield strength in amorphous polymers, *Prog. Polym. Sci.* 1997, **22**, 407-474.

[2] Argon A.S., Bessonov M.I.: Plastic flow in glassy polymers, *Polym. Eng. Sci.* 1977, **17**, 174-182.

[3] Argon A.S., Bessonov M.I.: Plastic deformation in polyimides with new implications on the theory of plastic deformation of glassy polymers, *Phil. Mag.* 1977, **35**, 917-933.

[4] Argon A.S.: A theory for the low-temperature plastic deformation of glassy polymers, Phil. Mag., 1973, **28**, 839-865.

[5] Bowden P.B., Raha S.: A molecular model for yield and flow in amorphous glassy polymers making use of a dislocation analogue, *Phil. Mag.* 1974, **29**, 149-166.

[6] Thierry A., Oxborough R.J., Bowden P.B.: A molecular model for yield and flow in polymethylmethacrylate, *Phil. Mag.* 1974, **30**, 527-536.

[7] Bowden P.B.: The yield behaviour of glassy polymers, edited by Howard R.H., Applied Science Publishers, London 1973, 279-339.

[8] Eyring H.: Viscosity, plasticity, and diffusion as examples of absolute reaction rates, *J. Chem. Phys.* 1936, **4**, 283-291.

[9] Robertson R.E.: Theory for the plasticity of glassy polymers, *J. Chem. Phys.* 1966, **44**, 3950-3956.

[10] Robertson R.E.: An equation for the yield stress of a glassy polymer, *Appl. Polym. Symp.* 1968, **7**, 201-213.

[11] Pascault J.-P., Sautereau H., Verdu J., Williams R.J.J.: *Thermosetting Polymers*, Marcel Dekker, New York 2002, 350-388.

[12] Yamini S., Young R.J.: The mechanical properties of epoxy resins. I. Mechanisms of plastic deformation, *J. Mater. Sci.* 1980, **15**, 1814-1822.

[13] Abbate M., Martuscelli E., Musto P., Ragosta G.: A polymer network of unsaturated polyester and bismaleimide resins: Yielding and fracture behaviour, *Die Ang. Makromol. Chemie* 1996, **241**, 11-29.

[14] Cook W.D., Mayr A.E., Edward G.H.: Yielding behaviour in model epoxy thermosets. II. Temperature dependence, *Polymer* 1998, **39**, 3725-3733.

[15] Duckett R.A., Rabinowitz S., Ward I.M.: The strain-rate, temperature and pressure dependence of yield of isotropic poly(methylmethacrylate) and poly(ethylene terephthalate), *J. Mater. Sci.* 1970, **5**, 909-915.

[16] Bauwens-Crowet C., Bauwens J.-C., Homes G.: The temperature dependence of yield of polycarbonate in uniaxial compression and tensile tests, *J. Mater. Sci.* 1972, **7**, 176-183.

[17] Buchdahl R.: An interpretation of the strength properties of amorphous polymers below the glass transformation temperature, *J. Polym. Sci. A* 1958, **28**, 239-242.

[18] Robertson R.E., Buenker R.J.: Some elastic moduli of bisphenol A polycarbonate, *J. Polym. Sci. A* 1964, **2**, 4889-4901.

[19] Parrish M., Brown N.: Crazing of polymers at low temperatures in He, Ar, N_2 and at reduced pressure, *Nature Phys. Sci.* 1972, **237**, 122-123.

[20] Pae K.D., Mears D.R.: The effects of high pressure on mechanical behavior and properties of polytetrafluoroethylene and polyethylene, *J. Polym. Sci. B* 1968, **6**, 269-273.

[21] Brown N.: The relationship between yield point and modulus for glassy polymers, *Mater. Sci. Eng.* 1971, **8**, 69-73.

[22] Kitagawa M.: Power law relationship between yield stress and shear modulus for glassy polymers, *J. Polym. Sci. Polym. Phys. Ed.* 1977, **15**, 1601-1611.

[23] Gillham J.K.: Award address formation and properties of network polymeric materials, *Polym. Eng. Sci.* 1979, **19**, 676-682.

[24] Gillham J.K., Benci J.A., Noshay A.: Isothermal transitions of a thermosetting system, *J. Appl. Polym. Sci.* 1974, **18**, 951-961.

[25] Enns J.B., Gillham J.K.: Time - temperature - transformation (TTT) cure diagram: Modeling the cure behavior of thermosets, *J. Appl. Polym. Sci.* 1983, **28**, 2567-2591.

[26] Aronhime M.T., Gillham J.K.: "Epoxy Resins and Composites III", (ed. Dušek K.), in "Advances in Polymer Science", vol. 78, Springer-Verlag, Berlin 1986, pp.83-113.

[27] Adabbo H.E., Williams R.J.: The evolution of thermosetting polymers in a conversion - temperature phase diagram, *J. Appl. Polym. Sci.* 1982, **27**, 1327-1334.

[28] Wang X., Gillham J.K.: T_g - Temperature - Property (*Tg*TP) diagram for thermosetting systems: Anomalous behavior of physical properties vs. extent of cure, *J. Appl. Polym. Sci.* 1993, **47**, 425-446.

[29] Gillham J.K., Enns J.B.: On the cure and properties of thermosetting polymers using torsional braid analysis, *Trends Polym. Sci.* 1994, **2**, 406-419.