# Prof. dr hab. Dorota Kocańda

Wojskowa Akademia Techniczna

im. Jarosława Dąbrowskiego

Wydział Inżynierii Mechanicznej

ul. Gen. Sylwestra Kaliskiego 2

00-908 Warszawa

e-mail: [dorota.kocanda@wat.edu.pl](mailto:dorota.kocanda@wat.edu.pl) Warszawa, 19.01.2021 r.

**Opinia**

**osiągnięcia naukowego oraz dorobku naukowo-badawczego, dydaktycznego i organizacyjnego**

**dr inż. Andrzeja KUBITA z Politechniki Rzeszowskiej**

**w sprawie nadania lub odmowy nadania stopnia naukowego doktora habilitowanego**

**w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna**

**Tytuł osiągnięcia naukowego**: *Analiza właściwości połączeń blach ze stopu aluminium EN AW-7075-T6 Alclad zgrzewanych metodą tarciową z przemieszaniem*

*w zastosowaniu do wytwarzania struktur cienkościennych”*

**1. Podstawa opracowania opinii**: podstawę opracowania opinii stanowi pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza Pana dr hab. inż. Aleksandra Mazurkowa, prof. PRrz , z dnia 19.08.2020 r. informujące o powołaniu mnie na recenzenta komisji habilitacyjnej w postępowaniu habilitacyjnym dr inż. Andrzeja KUBITA, wszczętym w dniu 24.03.2020 r.

**2. Sylwetka Habilitanta:** Pan dr inż.AndrzejKUBIT jest absolwentem Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Robotyki na kierunku: Mechanika i Budowa Maszyn, w specjalności: Inżynieria systemów wytwarzania, którą ukończył w roku 2009 otrzymując dyplom magistra inżyniera. W 2010 r. ukończył Studia podyplomowe w Uniwersytecie Ekonomicznym w Krakowie na Wydziale Ekonomii i Stosunków Międzynarodowych. Stopień naukowy doktora nauk technicznych w dyscyplinie Budowa i Eksploatacja Maszyn uzyskał w 2015 r. w Politechnice Rzeszowskiej.

**3**. **Ocena osiągnięcia naukowego** stanowiącego podstawę ubiegania się Habilitanta o nadanie lub odmowę nadania stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk technicz-nych, w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.

Pan dr inż. Andrzej KUBIT zaliczył do swojego osiągnięcia naukowego cykl 12 prac naukowych, powiązanych tematycznie z głównym zagadnieniem naukowo-badawczym jakim

jest - analiza właściwości punktowych połączeń zgrzewanych blach aluminiowych stopu EN AW-7075-T6 Alclad, wykonanych metodą RFSSW (ang. Refill Friction Stir Spot Welding), to jest – metodą punktowego zgrzewania tarciowego blach z przemieszaniem materiału zgrzeiny wraz z wypełnieniem i zamknięciem jej krateru, w zastosowaniu do wytwarzania struktur cienkościennych. Cykl 12 prac, stanowiących podstawę do wszczęcia przewodu habilitacyjnego, obejmuje 11 publikacji naukowych, oznaczonych symbolami H[1] – H[11], wyszczególnionych w Załączniku nr 3 dokumentacji do wniosku habilitacyjnego oraz jedno zgłoszenie patentowe nr P.427565 z dnia 30.10.2018 r., pozytywnie ocenione przez Urząd Patentowy RP pod nazwą „Głowica dociskowa” (do zgrzewania blach metodą RFSSW) autorów A. Kubit i T. Trzepieciński, oznaczone symbolem H[12].

W wykazie prac naukowych, dokumentujących osiągnięcie naukowe Habilitanta, wymienione są następujące pozycje :

- symbolem H [1] oznaczona jest monografia autorska pt. „Właściwości punktowych połączeń zgrzewanych metodą tarciową z przemieszaniem i z wypełnieniem krateru, w zastosowaniu do wytwarzania cienkościennych struktur nośnych”, o objętości 188 stron, wydana przez Oficynę Wydawniczą Politechniki Rzeszowskiej w 2019 r., (wg. wykazu MNiSW - przypisana liczba punktów 80),

- symbolami H[2] - H[11] oznaczono 10 wybranych współautorskich publikacji naukowych, z czego 9 prac znajduje się w bazie Journal Citation Reports, z punktacją MNiSW: 140 pkt (3 pozycje), 100 pkt (2 pozycje), 70 pkt (2 pozycje), 30 pkt (2 pozycje z listy A czasopism z IF > 2), 15 pkt (1 pozycja indeksowana w bazach Web of Science and Scopus).

W pracach Habilitanta jest rozważane zastosowanie, alternatywnej względem nitowania, techniki RFSSW punktowego zgrzewania tarciowego do łączenia różnej grubości blach z wysoko wytrzymałego stopu aluminium EN AW-7075-T6 Alclad, trudnospawalnego, do wytwarzania usztywnionego pokrycia w budowie cienkościennych struktur nośnych. Technika RFSSW, opatentowana w roku 2004, jest kolejną, zmodyfikowaną wersją techniki liniowego zgrzewania tarciowego FSW materiałów konstrukcyjnych, opatentowanej w 1991 r. przez Brytyjski Instytut Spawalnictwa (TWI).

Wszystkie metody zgrzewania tarciowego wykorzystują zjawisko tarcia jako energetycznego inicjatora procesów łączenia, a także inicjatora do modyfikacji warstw wierzchnich różnych materiałów konstrukcyjnych. Technologie te są przeznaczone przede wszystkim do łączenia trudnospawalnych materiałów metalicznych. Do podstawowych ich zalet należy zaliczyć możliwość łączenia rożnych gatunkowo materiałów, które przy wykorzystaniu tradycyjnych metod trudno połączyć bez utraty własności wytrzymałościowo-zmęczeniowych łączonych materiałów. Podstawową cechą metod tarciowego zgrzewania jest realizacja procesu łączenia w stanie stałym bez inicjowania stanu ciekłego łączonych materiałów, a tym samym bez inicjowania rekrystalizacji fazowej materiałów. W wielu przypadkach pozwoliło to zachować wytrzymałość połączeń zgrzewanych nieznacznie różniącą się od wytrzymałości materiału bazowego.

Zakres tematyczny prac naukowych Habilitanta, dotyczących właściwości połączeń blach aluminiowych o grubości 1.6 mm i 0.8 mm obejmował następujące zagadnienia:

1/ analizę wpływu parametrów zgrzewania punktowego dwustronnie platerowanych blach ze stopu Al EN AW-7075-T6 na nośność połączeń zgrzewanych wykonanych metodą RFSSW oraz na mikrostrukturę tych połączeń,

2/ dobór optymalnych wartości parametrów procesu zgrzewania metodą RFSSW przy użyciu analitycznych modeli optymalizacyjnych,

3/ badania możliwości zgrzewania blach pokrytych polimerowym uszczelniaczem stanowiącym zabezpieczenie antykorozyjne połączeń zakładkowych,

4/ analizę mechanizmu zniszczenia zmęczeniowego połączeń zgrzewanych techniką RFSSW, przy różnych poziomach zmiennego naprężenia w badaniach wysokocyklowej wytrzymałości zmęczeniowej połączeń przy granicznej liczbie 2x106 cykli,

5/ ocenę wpływu wad w strukturze zgrzeiny na mechanizm zniszczenia zmęczeniowego połączenia zakładkowego,

6/ badania porównawcze właściwości jednorzędowego połączenia zgrzewanego i połączenia nitowanego przy obciążeniu dynamicznym,

7/ analizę porównawczą stanów deformacji połączenia podłużnica-pokrycie, wykonanego techniką zgrzewania RFSSW i techniką nitowania, w warunkach jednoosiowego ściskania,

8/ modelowanie numeryczne MES procesu odkształcania płyty usztywnionej połączeniem podłużnica-pokrycie, wykonanym w wariancie zgrzewania i nitowania, z nieliniową charakterystyką zachowania się materiału, przy obciążeniu siłą ściskającą wywołującą duże odkształcenia,

9/ analizę powyboczeniowych stanów deformacji zgrzewanych płyt z podłużnicami w zależności od zastosowanych w badaniach eksperymentalnych wartości sił ściskających, uzyskaną na podstawie 3-wymiarowej cyfrowej korelacji obrazu z użyciem systemu Aremis.

**Habilitant** **sformułował hipotezę**, że technika RFSSW punktowego zgrzewania może być alternatywną techniką łączenia cienkich blach o grubości rzędu 1.6 mm i poniżej 1 mm w budowie cienkościennych struktur nośnych wobec tradycyjnej metody nitowania.

Dążenie do sprawdzenia słuszności powyższej hipotezy było motywacją do zajęcia się przez Habilitanta, w ramach rozprawy habilitacyjnej, tym interesującym zagadnieniem o dużym znaczeniu poznawczym i praktycznym. Nadrzędnym celem było sprawdzenie efektywności zastosowania innowacyjnej technologii RFSSW do wielopunktowego łączenia zakładkowego cienkich blach w budowie cienkościennych struktur nośnych oraz potwierdzenie postawionej hipotezy.

W monografii H[1] Autor sformułował cel podejmowanych działań, opracował szeroki program podstawowych badań doświadczalnych dla struktur zgrzewanych obciążonych siłami statycznymi i cyklicznie zmiennymi oraz program numerycznego modelowania metodą MES zjawisk fizycznych występujących w usztywnionych płytach ze stopu aluminium EN AW-7075-T6 Alclad wykonanych w dwóch wariantach połączenia podłużnica-pokrycie, to jest – metodą punktowego zgrzewania tarciowego i nitowania.

Pierwszy etap prac doświadczalnych dotyczył sprawdzenia możliwości wykonania jednopunktowego połączenia zgrzewanego cienkich aluminiowych blach z użyciem narzędzia roboczego o nowej trójelementowej konstrukcji i nowej geometrii trzpienia, opracowanej przez niemiecka firmę GKSS-GmbH w 2002 r.

Podstawowym zagadnieniem, w prawidłowym wykonaniu procesu zgrzewania tarciowego blach, jest właściwy dobór termo-mechanicznych parametrów procesu. Parametry te dobiera się indywidualnie w zależności od wybranego materiału blach o znanych właściwościach mechanicznych oraz geometrii łączonych elementów, w tym ich grubości. Z literatury tematycznej wynika, że jakość połączenia zgrzewanego zależy od wartości siły osiowej zaciskania stemplem zgrzewanych blach i trzpienia narzędzia roboczego zagłębiającego się w zgrzewany pakiet, (lub od momentu obrotowego narzędzia), w celu wytworzenia przez wirujący trzpień na drodze tarcia miejscowego uplastycznienia materiału blachy, rozdrobnienia jej struktury i tym samym łatwiejszego zagłębiania się narzędzia w blachę w celu ukształtowania krateru zgrzeiny. Drugim ważnym parametrem, wpływającym na jakość wykonanego połączenia blach, jest głębokość penetracji narzędzia roboczego w połączenie punktowe blach oraz trzeci parametr techniki zgrzewania – to czas zgrzewania na potrzebny do uformowania zgrzeiny (czas początkowy tzw. dwell time oraz czas przemieszania materiału metalicznego w zgrzeinie). W celu wyznaczenia optymalnych wartości dla trzech istotnych, wymienionych parametrów procesu zgrzewania blach aluminiowych metodą RFSSW, Habilitant zastosował metodę optymalizacji wielokryterialnej.

Technika RFSSW daje możliwość wypełnienia zgrzeiny rozdrobnionym i przemieszanym materiałem metalicznym łączonych blach i dodatkowo zamknięcia krateru zgrzeiny od strony lica. Przeprowadzone zostały przez Habilitanta badania doświadczalne w aspekcie wpływu parametrów procesu punktowego zgrzewania blach obustronnie platerowanych na:

- nośność połączeń zgrzewanych badaną w próbach statycznego ścinania i statycznego oddzierania,

- właściwości makro- i mikrostrukturalne zgrzein,

- jakość struktury zgrzeiny, którą badano metodą nieniszczącą z użyciem skaningowego mikroskopu akustycznego,

- stopień osłabienia górnej blachy połączenia zakładkowego na skutek wytworzenia strefy wpływu ciepła wzdłuż obwodu zgrzeiny,

- nośność zakładkowych połączeń zgrzewanych badana w próbach statycznego ścinania, dodatkowo z uszczelniaczem antykorozyjnym pomiędzy blachami,

- wysokocyklową wytrzymałość zmęczeniową połączeń zgrzewanych metodą RFSSW.

Wszystkie wyszczególnione powyżej zagadnienia, objęte programem badań doświadczalnych, zostały następnie poddane przez Habilitanta wnikliwej analizie i interpretacji. Opis metodyki badań oraz analizę otrzymanych wyników doświadczalnych Habilitant zamieścił w monografii H[1], jak również w opracowaniach opublikowanych w czasopismach zagranicznych, znajdujących się w bazie Journal Citation Reports. Są to prace opatrzone symbolem H, jak również prace oznaczone symbolem JCR.

Z tematyką prac naukowych Habilitanta omawianych w cyklu 10 wybranych publikacji naukowych oznaczonych symbolami jako H[2]-H[11], indeksowanych w bazie Journal Citation Reports, przedstawianych do oceny przez Komisję habilitacyjną, można było zapoznać się na podstawie załączonych w Załączniku Nr 5 pełnych wersji tych publikacji.

W pracy H[2] analizowano wpływ defektów strukturalnych takich, jak: pustki, nieciągłości wzdłuż obwodu zgrzeiny związane z brakiem pełnego wypełnienia zgrzeiny wzdłuż jej obwodu od strony lica, karby strukturalne i ich wpływ na wytrzymałość wysokocyklową połączeń zgrzewanych metodą RFSSW. Defekty w strukturze zgrzeiny były efektem źle dobranych parametrów zgrzewania, np. zbyt małej ilości wygenerowanego ciepła podczas zbyt krótkiego czasu trwania poszczególnych etapów zgrzewania. Wady te wykrywano na podstawie C-skanów sygnałów ultradźwiękowych pochodzących od skaningowego mikroskopu akustycznego. W publikacji H[3] omówiono metodę doboru optymalnych wartości parametrów procesu zgrzewania blach na podstawie optymalizacji wielokryterialnej. Do opisu procesu zgrzewania Habilitant przyjął funkcję aproksymującą w postaci wielomianu algebraicznego stopnia m. Z analizy tej wynikało, że prędkość obrotowa narzędzia ma decydujący wpływ na wytrzymałość połączenia zgrzewanego. W pracy H[4] przedstawiono metodykę i wyniki badań doświadczalnych oraz modelowania numerycznego metodą MES zjawiska utraty stateczności usztywnionych dwiema podłużnicami z pokryciem struktury cienkościennej i podlegającej jednoosiowemu ściskaniu siłami o różnej wartości i różnym rozstawie połączeń punktowych, dla wariantów połączenia nitowanego i zgrzewanego. Badania te miały na celu sprawdzenie wpływu zjawiska presuryzacji na deformacje i stany powyboczeniowe struktury cienkościennej po przekroczeniu siły krytycznej. Obrazy deformacji usztywnionej płyty uzyskano na podstawie trójwymiarowej cyfrowej korelacji obrazu przy użyciu systemu Aramis. Badania opisane w pracy H[5] wykazały, że w zakresie wytrzymałości wysokocyklowej na poziomie trwałości równej 2·106 cykli wartość amplitudy naprężenia w niesymetrycznym cyklu zmęczeniowym rozciągająco-ściskającym (współczynnik R=0.1) ma znaczący wpływ na mechanizm zmęczeniowego zniszczenia zakładkowego połączenia zgrzewanego cienkich platerowanych blach ze stopu Al 7075 o grubości 0,8 mm i 1,6 mm wykonanych techniką RFSSW. Badania z użyciem mikroskopu SEM wykazały, że plater był umiejscowiony na dnie zgrzeiny i tworzył karb strukturalny. Badania mikrofraktograficzne przełomów zmęczeniowych próbek wykazały też, że zarówno karb strukturalny, jak również strefa oddziaływań termo-mechanicznych oraz strefa wpływu ciepła były miejscami inicjacji pęknięć dla wariantów połączenia nitowanego i zgrzewanego.

Metoda wielokryterialnej optymizacji zastosowana do wyboru optymalnych wartości parametrów procesu zgrzewania RFSW platerowanych blach stopu 7075-T6 oraz badania wpływu parametrów procesu zgrzewania na mechanizm pękania i na formowanie się defektów w zgrzeinie były treścią publikacji H[6] i H[7]. Analiza mechanizmu zmęczeniowego pękania zakładkowego połączenia zgrzewanego blach ze stopu 7075Alclad, przy obciążeniu różnym poziomem naprężenia w cyklu niesymetrycznym (R=0.1) w zakresie wytrzymałości wysokocyklowej, była prowadzona z użyciem mikroskopu SEM i była treścią pracy H[7]. Analiza wyników badań mikroskopem SEM wykazała, że mechanizm pękania połączeń był zależny od wartości naprężenia zadawanego w cyklu zmęczeniowym. Stwierdzono, że plater zlokalizowany na dnie zgrzeiny tworzył karb strukturalny i mógł być miejscem inicjacji pęknięć zmęczeniowych. Stwierdzono również, że zarówno strefa oddziaływania termo-mechanicznego oraz strefa wpływu ciepła w zgrzeinie są miejscami inicjacji i rozwoju pęknięć zmęczeniowych.

Wpływ trzech podstawowych parametrów techniki RFSSW zgrzewania blach stopu 7075Alclad o wspomnianych grubościach w temperaturze pokojowej, to jest: prędkości obrotowej narzędzia, głębokości penetracji trzpienia narzędzia roboczego w połączenie blach i czas zgrzewania, na nośność jednozakładkowego połączenia blach badaną w teście statycznego ścinania i oddzierania, był analizowany w pracach H[9] i H[11]. W badaniach nośności połączenia blach dobierano optymalne wartości wymienionych parametrów techniki RFSSW dla próbek obciążanych przez przyrząd wymuszający stan czystego ścinania i w odniesieniu do próbek obciążanych swobodnie. Stwierdzono występowanie trzech różnych mechanizmów pękania połączeń zgrzewanych w zależności od głębokości wejścia narzędzia w połączenie zakładkowe. Stwierdzono też, że plater zalegający pomiędzy dolną powierzchnią górnej blachy i górną powierzchnią dolnej blachy połączenia pogarsza zarówno sztywność połączenia i jakość strukturalną zgrzeiny pomiędzy strefą mieszania i strefą oddziaływania termo-mechanicznego.

W cienkościennych konstrukcjach, w tym głównie lotniczych, pracujących w różnych warunkach atmosferycznych, połączenia zakładkowe typu pokrycie-podłużnica oraz pokrycie-wręga, wykonane metodami tradycyjnymi poprzez nitowanie lub zgrzewanie rezystancyjne, są obligatoryjnie zabezpieczane przed korozją oraz dodatkowo uszczelniane uszczelniaczem polimerowym ze względu na zjawisko presuryzacji. W swojej monografii H[1] oraz w publikacji H[8] Habilitant zajął się problemem zabezpieczenia antykorozyjnego zakładkowych połączeń zgrzewanych wykonanych metodą RFSSW. W tym celu przeprowadził cykl badań podstawowych mających wstępnie określić:

- wybór tworzywa uszczelniającego, które nie ulegnie degradacji pod wpływem temperatury

występującej podczas zgrzewania i spełni warunki poprawnej adhezji do blachy

współpracującej z uszczelniaczem,

- wybór tworzywa o małej lepkości, umożliwiającej penetrację uszczelniacza do szczelin połączenia zakładkowego,

- wybór metody aplikowania uszczelniacza na powierzchnie blach i w szczeliny zakładek po procesie zgrzewania blach,

- dobór parametrów zgrzewania tarciowego blach w wymaganej konfiguracji połączenia zakładkowego z uszczelniaczem,

- zbadanie wpływu uszczelniacza na strukturę i wytrzymałość zgrzeiny.

Badania przeprowadzono dla dwóch różnych typów uszczelniaczy: kleju na bazie żywicy fenolowo-formaldehydowej firmy niemieckiej oraz uszczelniacza w postaci dwustronnej taśmy klejącej Trosifol 100 firmy niemieckiej.

Przeprowadzono analizę makro- oraz mikrostrukturalną zgrzein, mającą ocenić stopień zanieczyszczenia zgrzein wybranym typem uszczelniacza. Wykazano możliwość uzyskania poprawnego uszczelnienia pomiędzy zgrzewanymi blachami w obu przypadkach wybranych uszczelniaczy.

Badania nośności na statyczne ścinanie zgrzewanych połączeń zakładkowych z uszczelniaczem i bez uszczelniacza potwierdziły wnioski płynące z analiz metalograficznych. Z tych analiz wynika, że najlepszą metodą zabezpieczenia przed korozją połączenia zakładkowego zgrzewanych blach techniką RFSSW jest pokrycie uszczelniaczem polimerowym lub taśmą klejącą przed zgrzewaniem tylko jednej powierzchni, np. powierzchni górnej blachy. Po wykonaniu badań w tym wariancie stwierdzono mniejsze zanieczyszczenie struktury zgrzeiny, co skutkowało w obu przypadkach stosowanych uszczelniaczy większą nośnością połączenia na ścinanie, aniżeli w wariancie aplikowania uszczelniaczy na dwie powierzchnie - górnej i dolnej blachy. Wywnioskowano zatem, że istnieje potencjalnie możliwość doboru takich parametrów procesu, które całkowicie wyeliminują zanieczyszczenie zgrzeiny tworzywem i zapewnią zadawalającą nośność połączeń. Takie założenie wymaga jednak dalszych badań. Badania powierzchni przełomów zgrzewanych punktowo blach aluminiowych z danym typem uszczelniacza, aplikowanym na powierzchnie blach przed procesem ich łączenia, po przeprowadzonych próbach statycznego ścinania dowiodły, że złącza RFSSW z pojedynczą warstwą pośrednią w formie taśmy epoksydowej zapewniają szczelne połączenie o wysokiej wytrzymałości na ścinanie. Wytrzymałość na ścinanie takiego połączenia jest o 9% niższa w porównaniu z połączeniem blach bez uszczelniacza.

Kolejnym ważnym zagadnieniem związanym z eksploatacją konstrukcji lotniczej, którym zajął się Habilitant i przeprowadził badania laboratoryjne wraz z współwykonawcami, było badanie odporności połączeń zgrzewanych metodą RFSSW i połączeń nitowanych na uderzenia dynamiczne podczas zderzenia z obcym ciałem. Takim ciałem może być zderzenie z ptakiem, z bryłą lodu podczas gradobicia lub z innym ciałem obcym w przestrzeni kosmicznej. Modelując zjawiska zachodzące przy rozpatrywaniu tego rodzaju zdarzeń przeprowadzono w laboratorium badania udarności jednorzędowych połączeń zakładkowych zgrzewanych i nitowanych z użyciem tępego obiektu o niskiej prędkości działania. Narzędziem tym był młot opadowy. Badania udarnościowe na dynamiczne ścinanie miały dostarczyć odpowiedzi na pytanie, czy połączenia pomiędzy podłużnicą i pokryciem fragmentu struktury cienkościennej, wykonane dwiema wspomnianymi technikami, wykażą odporność na znaczącą deformację struktury cienkościennej w kierunku poprzecznym do rzędu połączeń punktowych przy uderzeniu dynamicznym tępym narzędziem i nie ulegną całkowitej destrukcji w postaci utraty spójności połączenia. Do wykonania połączeń nitowanych zastosowano lotnicze nity anodowe z rozstawem nitów 23.5 mm, zgodnie z podziałką stosowaną w tego typu strukturach cienkościennych. Taką samą podziałkę zastosowano pomiędzy krawędziami połączeń zgrzewanych. Wyniki badań wykazały, że połączenie RFSSW jest bardziej sztywne od połączenia nitowanego. Opis metodyki badań udarnościowych oraz analizę wyników badań doświadczalnych i modelowania numerycznego MES zamieszczono w monografii autorskiej H[1]. Badania udarnościowe jednorzędowych połączeń zakładkowych zgrzewanych i nitowanych były też treścią publikacji H[10].

Uzyskane wyniki z bardzo szerokiego programu badań doświadczalnych i modelowania numerycznego zachowania się płyt w cienkościennych strukturach nośnych usztywnionych podłużnicami, połączonych z pokryciem metodą tarciową RFSSW w warunkach obciążeń eksploatacyjnych i w stanach powyboczeniowych wraz ze szczegółową ich analizą pozwoliły scharakteryzować właściwości punktowych połączeń zgrzewanych RFSSW i nitowanych wykonanych w obustronnie platerowanych blachach aluminiowego stopu serii 7075-T6.

Technologie tarciowe stosowane w budowie struktury usztywniającej poszycia konstrukcji lotniczej mogą spełnić podwyższone wymagania przemysłu lotniczego pod względem obniżenia masy konstrukcji, zmniejszenia pracochłonności prac przy wytwarzaniu struktur nośnych, uzyskania konstrukcji sztywnej i wytrzymałej w eksploatacji poprzez eliminację potencjalnych miejsc inicjacji pęknięć z otworów nitowych, a także pod względem mniejszej podatności zgrzewanych połączeń zakładkowych na korozję międzykrystaliczną poprzez eliminację nitów, które wprowadzają różniące się potencjały elektrochemiczne materiału nitów względem potencjału elektrochemicznego łączonych blach aluminiowych.

W roku 2011 podczas międzynarodowej konferencji ICAF w Montrealu firma kanadyjska Bombardier zaprezentowała półskorupową konstrukcję dolnego poszycia kadłuba samolotu wykonaną metodą zgrzewania liniowego FSW. Poddana badaniom wytrzymałości na rozciąganie półskorupowa konstrukcja, usztywniona połączeniami zgrzewanymi FSW podłużnic i wręg z poszyciem kadłuba, wykazała zachowanie charakterystyczne dla monolitycznej struktury. Wynik tych badań był zaskakujący, ale też dowiódł, że dobra jakość wykonanych połączeń usztywniających poszycie kadłuba samolotu ma istotny wpływ na rozkład naprężeń w konstrukcji.

**Uwagi recenzenta do wykonanych prac naukowo-badawczych w ramach poszczególnych zagadnień tematycznych, przedstawionych** **przez Habilitanta**

Habilitant przeprowadził szeroki program badań dotyczących wpływu podstawowych parametrów procesu zakładkowego zgrzewania tarciowego metodą RFSSW blach aluminiowych z wysokowytrzymałego stopu 7075-T6 na nośność tego rodzaju połączenia obciążonego na statyczne ścinanie i odrywanie, na mikrostrukturę i mechanizmy niszczenia połączeń zgrzewanych, na wysokocyklową wytrzymałość zmęczeniową połączeń i na stopień osłabienia górnej blachy połączenia zakładkowego na skutek wytworzenia na powierzchni blachy strefy wpływu ciepła wzdłuż obwodu zgrzeiny. Jako materiał konstrukcyjny do badań eksperymentalnych zostały wybrane arkusze blach obustronnie platerowanego stopu Al 7075-T6 o dwóch różnych grubościach: 1.6 mm grubości z przeznaczeniem na blachę górną oraz grubości 0.8 mm na blachę dolną w ich połączeniu zakładkowym.

**Uwaga nr. 1** - wybór do badań obustronnie platerowanych blach stopu Al 7075-T6 w aspekcie zastosowania wspomnianej technologii RFSSW do wykonania wielopunktowego zgrzewania blach nośnej struktury cienkościennej w konstrukcjach lotniczych (lub samochodowych), był niekorzystny. Potwierdziły to również badania wytrzymałościowe połączeń RFSSW przeprowadzone przez Habilitanta, które dowiodły obniżenia: nośności, sztywności, wytrzymałości zmęczeniowej wysoko- i niskocyklowej, adhezji połączonych zakładkowo blach platerowanych na skutek obecności wad w strukturze zgrzeiny. Wady te wynikały z zanieczyszczenia połączenia zgrzewanego platerem, pochodzącym z blach platerowanych. Obniżenie wytrzymałości połączeń RFSSW było też spowodowane rozwojem pęknięć zmęczeniowych z otworu zgrzeiny wykonanej w blasze platerowanej oraz rozwoju pęknięć na granicy materiału bazowego stopu i plateru dolnej powierzchni blachy górnej połączenia zakładkowego blach.

Wybór platerowanych obustronnie blach stopu Al. 7075-T6 do badań doświadczalnych wytrzymałości zakładkowych połączeń zgrzewanych wynikał z przeświadczenia Habilitanta, że jedynym sposobem zabezpieczenia powierzchni aluminiowych blach przed korozją w konstrukcjach lotniczych jest ich platerowanie.

Jednakże, w lotnictwie od dawna nie stosuje się platerowanych blach stopów lotniczych , jako materiału konstrukcyjnego na cienkościenne struktury nośne, gdyż plater istotnie obniża (o 30% ) wytrzymałość statyczną i zmęczeniową takich połączeń zakładkowych. Szczególnie niekorzystne jest platerowanie stopu Al 7075-T6. W lotnictwie na struktury cienkościenne stosowane są blachy aluminiowe gruntowane, anodowane i następnie lakierowane. Blachy anodowane cechują się większą odpornością na uszkodzenia i zwiększoną odpornością na korozję międzykrystaliczną. Stop 7075-T6 wykazuje niską odporność na korozję międzykrystaliczną. Anodowanie powierzchni blach aluminiowych jest szczególnie zalecane dla blach stopu Al7075-T6. Anodowanie i lakierowanie wykończeniowe blach aluminiowych całej konstrukcji jest formą ich zabezpieczenia przed korozją ogólną.

Dowodów niekorzystnego wpływu platerowanych blach stopów lotniczych 7075-T6 Alclad oraz 2024-T3 Alclad na nośność, czystość struktury i wytrzymałość statyczną i zmęczeniową, zarówno połączeń nitowych, jak również punktowych połączeń zgrzewanych, dostarczyły też wyniki badań doświadczalnych przeprowadzonych przez Habilitanta, które opisane są w monografii Autora H[1] oraz w publikacji JCR\_1 (Załącznik nr 6), dotyczącej właściwości połączenia adhezyjnego (klejonego) w aluminiowym laminacie warstwowym. W zależności od wartości parametrów procesu punktowego zgrzewania tarciowego blach platerowanych dochodzi do różnych form zalegania plateru na dnie lub w centralnej części zgrzeiny. Otwór zgrzeiny jest też miejscem rozwoju pęknięć w platerze i pod platerem na granicy z powierzchnią blachy. Badania metalograficzne zgrzein wykazały też obecność w zgrzeinach takich wad struktury, jak: pustki, brak ciągłości strukturalnej w wybranych obszarach zgrzein ze względu na niewłaściwy dobór wartości parametrów zgrzewania metodą RFSSW.

**Uwaga nr 2** - analizując wpływ wartości parametrów zgrzewania punktowego blach stopu Al7075-T6 Alclad metodą RFSSW na wytrzymałość i właściwości struktury połączeń zgrzewanych, Autor brał pod uwagę prędkość obrotową narzędzia roboczego, głębokość penetracji narzędzia w połączenie zakładkowe blach oraz czas pracy narzędzia wymagany do wytworzeniu ciepła tarcia w strefie wpływu ciepła wokół obwodu zgrzeiny, osiągnięcia temperatury Solidus w stopie Al7075-T6, uplastycznienia, rozdrobnienia oraz wymieszania materiału w otworze zgrzeiny. Całkowicie został pominięty udział siły osiowej w formowaniu zgrzeiny. Jest to niewłaściwe podejście w aspekcie fizyki procesu tarciowego zgrzewania blach oraz prawidłowego doboru parametrów zgrzewania i ich optymalnych wartości do przeprowadzenia tego procesu. Lokalne uplastycznienie i rozdrobnienie materiału blachy sprzyja łatwiejszej penetracji wirującego trzpienia w kraterze zgrzeiny.

Uwaga nr 3 - udział siły osiowej w wytworzeniu ciepła tarcia jest dominujący w procesie tarciowego zgrzewania punktowego blach. Praca wirującego narzędzia roboczego, ukierunkowana na uformowanie zgrzeiny, związana jest z jego momentem obrotowym. Zatem, biorąc pod uwagę fizyczny aspekt zjawiska, jakim jest ukształtowanie połączenia zgrzewanego w wyniku uplastycznienia materiału blachy na drodze tarcia, należy wziąć pod uwagę przede wszystkim moment obrotowy narzędzia, a nie jego prędkość obrotową.

Czas pracy narzędzia roboczego, wymagany do uformowania zgrzeiny, zależy od zadanej głębokości penetracji narzędzia w połączenie zakładkowe i zwykle jest sterowany automatycznie przez system pracy profesjonalnego stanowiska RFSSW. O szybkości osiągnięcia piku temperatury, tj. temperatury Solidus w okresie początkowych 4 sekund (tzw. dwell time) oraz szybkości penetracji narzędzia w otworze zgrzeiny decyduje moc narzędzia roboczego, czyli iloczyn momentu obrotowego i prędkości obrotowej narzędzia. Te parametry fizyczne pracy narzędzia powinny być uwzględniane na etapie doboru optymalnych wartości parametrów procesu tarciowego zgrzewania blach.

Wytrzymałość mechaniczna połączeń zgrzewanych istotnie zależy od stopnia rozdrobnienia struktury materiału (zgodnie z zależnością Halla-Petcha) oraz równomiernego wymieszania materiału w otworze zgrzeiny. Rozdrobnienie struktury ziarnistej metali do wymiarów nanometrycznych istotnie podwyższa właściwości mechaniczne połączeń zgrzewanych. Przy odpowiednim doborze wartości parametrów zgrzewania tarciowego i stopnia rozdrobnienia struktury łączonych materiałów można uzyskać wytrzymałość połączenia zgrzewanego porównywalną z wytrzymałością na rozciąganie materiału rodzimego najsłabszego z łączonych w panelu materiałów.

Badania mikrostrukturalne zgrzein zostały przeprowadzone za pomocą mikroskopu SEM firmy Hitachi 3400N umożliwiającego prowadzenie analizy składu chemicznego próbek metodą mikroanalizy rentgenowskiej EDS oraz C-skanów, obrazów wygenerowanych dzięki odpowiedniej synchronizacji fal odbitych, pochodzących od skaningowego akustycznego mikroskopu. Mikroskop ten umożliwia wizualne przedstawienie wewnętrznej struktury materiału i wykrywanie defektów w wewnętrznej budowie zgrzeiny. Analiza mikrostruktury zgrzeiny wykazała regularny kształt ziaren w strefie mieszania i rozdrobnienie ziaren w tej strefie do rozmiarów około 3-5 m.

**Uwaga nr. 4** - omawiając strukturę zgrzeiny RFSSW Habilitant stosuje własne nazwy stref, zamiast ogólnie przyjętych terminów ustalonych przez TWI i stosowanych w tematycznej literaturze naukowej. Dla przykładu – strefa przylegająca do strefy mieszania w zgrzeinie nazwana jest w monografii Habilitanta strefą cieplno–plastyczną zamiast strefą oddziaływania termo–mechanicznego (ang. thermo–mechanically affected zone ) .

**Uwaga nr. 5** – w badaniach wpływu wartości parametrów zgrzewania punktowego na mikrostrukturę i mechanizm zniszczenia zakładkowych połączeń zgrzewanych ograniczenie się do korzystania tylko z SEM mikroskopu może znacznie ograniczyć zasób pozyskiwanych do analizy informacji. Znacznie więcej informacji o mechanizmie zniszczenia połączeń zgrzewanych i nitowanych dostarczyłby mikroskop TEM. Do analizy obrazów mikrostruktury połączenia zgrzewanego i ich interpretacji, oceny jakości wymieszania materiału i rozmiaru rozdrobnionych ziaren materiału w strefie mieszania w zgrzeinie, polecany jest do wykorzystania również laserowy mikroskop konfokalny. Skupiona wiązka światła skanująca obiekt pochodzi z kilku laserów emitujących różne długości fali. Ważne jest to, że próbki do badań z użyciem konfokalnego mikroskopu nie wymagają zaawansowanej wstępnej obróbki powierzchni. Skanujący laserowy mikroskop konfokalny firmy Olympus znajduje się w. wyposażeniu laboratorium badań mikroskopowych w Instytucie Robotów i Konstrukcji Maszyn Wydziału Inżynierii Mechanicznej WAT.

**Uwaga nr 6** - nośność połączeń zgrzewanych na ścinanie badano doświadczalnie w układzie 33, to jest dla każdego z trzech parametrów zgrzewania, którymi były: prędkość obrotowa narzędzia, głębokość penetracji narzędzia i czas zgrzewania, przypisywano wartości na trzech różnych poziomach wartości. Ten plan badawczy oznaczał przeprowadzenie badań nośności połączeń zgrzewanych w statycznej próbie ścinania dla 27 wariantów wartości parametrów zgrzewania. W konsekwencji, należało przygotować 27 próbek z zakładkowymi połączeniami zgrzewanymi i wykonać taką samą liczbę badań doświadczalnych nośności połączeń w próbie statycznego ścinania. Były to pracochłonne i bardzo kosztowne badania.

W ocenie recenzenta można było znacznie obniżyć pracochłonność wspomnianych powyżej badań doświadczalnych nośności połączeń, poddawanych ścinaniu i oddzieraniu, poprzez przyjęcie „na starcie” i wprowadzenie do systemu stanowiska roboczego, przeznaczonego do wykonywania zgrzewania zakładkowego RFSSW blach - konkretnej wartości dla głębokości penetracji narzędzia w połączenie zakładkowe, stanowiącej ułamek dziesiętny grubości obu blach połączenia. W ten sposób można było wyeliminować z dalszych rozważań jeden parametr zgrzewania spośród trzech, pozostając przy wariancie badań w układzie 23 ( tj. łącznie 8 próbek rezerwowanych do badań nośności połączeń zakładkowych w warunkach ścinania, zamiast planowanych wcześniej 27 próbek).

**Uwaga nr 7 zasadnicza** – wprowadzenie przez Habilitanta do badań właściwości punktowych połączeń zgrzewanych metodą tarciową obustronnie platerowanych blach wysokowytrzymałego stopu Al7075-T6, w zastosowaniu do wytwarzania cienkościennych struktur nośnych w konstrukcjach lotniczych , spowodowało istotną zmianę warunków termicznych na powierzchni blach aluminiowych podczas kształtowania się zakładkowego połączenia zgrzewanego H[1]. Plater, ze względu na znacznie wyższą wartość współczynnika przewodności cieplnej, w stosunku do stopu aluminium 7075, na powierzchni blachy istotnie zmienia rozkład temperatury podczas zgrzewania. Parametry procesu zgrzewania przyczyniające się do wytworzenia większej ilości ciepła tworzą wokół obwodu zgrzeiny większą strefę wpływu ciepła i mogą doprowadzić o przemian strukturalnych w tej strefie. Wzrost rozmiarów strefy wpływu ciepła wokół zgrzeiny przyczynia się do lokalnego osłabienia materiału stopu. Takie zjawisko odpowiada za zniszczenie struktury blachy podczas statycznych prób wytrzymałościowych H[1]. Zanieczyszczenie połączeń zgrzewanych platerem, pochodzącym z blach platerowanych, tworzy nową fazę strukturalną w zgrzeinie i odpowiada za tworzenie się karbu strukturalnego w zgrzeinie. To zanieczyszczenie platerem przyjmuje różne formy w zależności od wartości parametrów zgrzewania tarciowego i może być miejscem inicjacji pęknięć zmęczeniowych. Było też przyczyną obniżenia się właściwości wytrzymałościowych i trwałości zmęczeniowej połączeń zakładkowych.

W tej sytuacji, postawiona przez Habilitanta hipoteza, że metoda RFSSW punktowego zgrzewania blach cienkich o grubości rzędu 1.6 mm i poniżej 1 mm, w zastosowaniu do łączenia elementów usztywniających w budowie cienkościennych struktur nośnych może być alternatywną techniką łączenia blach wobec tradycyjnej metody nitowania - nie uzyskała jednoznacznej weryfikacji.

**Recenzent uważa, że punktowe zgrzewanie cienkich blach metodą RFSSW nie zastąpi tradycyjnej metody nitowania do łączenia elementów usztywniających** **w budowie cienkościennych struktur nośnych. Natomiast, punktowe zgrzewanie blach metodą RFSSW może mieć zastosowanie do łączenia blach grubych, szczególnie o grubości kilkudziesięciu milimetrów.**

**Wszystkie zrealizowane przez Habilitanta prace miały cechy badań naukowych o wysokim poziomie poznawczym i znaczeniu praktycznym dla przemysłu lotniczego i motoryzacyjnego.**

**Potwierdzeniem innowacyjności prac prowadzonych z dużym udziałem Habilitanta było przyznanie patentu w 2018 r. przez Urząd Patentowy Rzeczpospolitej Polskiej pod nazwą „Głowica dociskowa” (do zgrzewania blach metodą RFSSW) autorów A. Kubit i T. Trzepieciński .**

**Osiągnięcie naukowe Habilitanta oceniam pozytywnie.**

**DZIAŁALNOŚĆ NAUKOWO-BADAWCZA HABILITANTA**

**I** / **Aktywność publikacyjna**

1/ w okresie od 2017-2019 r. Habilitant opublikował 11 artykułów naukowych w czasopismach naukowych cytowanych w bazie Journal Citation Reports ( 1 publikacja autorska ) oraz 12 współautorskich publikacji naukowych w czasopismach indeksowanych w bazie Web of Science lub w bazie Scopus , w okresie od 2015-2019 r. +18 prac w czasopismach z listy B MNiSW., w okresie od 2015-2019 r. , łącznie 41 prac . Uwzględniając również cykl 11 artykułów powiązanych tematycznie z tytułem osiągnięcia naukowego **łączna liczba opublikowanych artykułów naukowych w okresie 4 lat tj. od 2015-2019 r. wynosi 52 prace.**

Jest to bardzo wysoka aktywność publikacyjna , oznaczająca 12 prac opublikowanych w ciągu roku.

**II/**  **Uczestnictwo w pracach zespołów badawczych, realizujących projekty finansowane w drodze konkursów krajowych lub zagranicznych w okresie 2013 – 2020 r.**

- 2 razy w roli wykonawcy w projektach krajowych , 2013-2015 r. , 2016-2016 r. ,

- 1 raz w roli kierownika projektu krajowego, wniosek Nr 460665 do NCN,

- 1 raz wniosek opracowany w 2018 r. jako członek zespołu przystępującego do udziału w projekcie europejskim (nie przyznano),

- opracowanie wniosku do NCN o sfinansowanie projektu badawczego , 2020 r., Habilitant w roli kierownika projektu – wniosek obecnie w trakcie oceny merytorycznej,

**III/** **Osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne i technologiczne** - **3 projekty** konstrukcyjne, w których habilitant wykonał kompleksowe projekty przyrządów i współdziałał w ich wykonaniu**.**

**IV/** **Udzielone patenty krajowe przez Urząd Patentowy RP**  – **2 patenty udzielone oraz 1 zgłoszenie patentowe pozytywnie ocenione przez** Urząd Patentowy RP , (udział Habilitanta w opracowaniu konstrukcji głowicy dociskowej do przeprowadzenia procesu zgrzewania tarciowego metodą RFSSW,

**V/** **Zgłoszenia patentowe obecnie oceniane przez Urząd Patentowy RP** – **23 zgłoszenia**,

**VI/** **Aktywny** u**dział w 22 międzynarodowych konferencjach naukowych,**

**VII/** **Udział w komitetach organizacyjnych konferencji krajowych i międzynarodowych** **- jako członek komitetu organizacyjnego 3 krajowych konferencji naukowych,**

**VIII/** **Udział w zespole redakcyjnym czasopisma** **„Technologia i Automatyzacja Montażu” – w funkcji redaktora tematycznego czasopisma w zakresie struktury i systemu montażu,**

**IX/ Recenzowanie publikacji w czasopismach międzynarodowych i krajowych**

- recenzent publikacji naukowych w 17 czasopismach zagranicznych,

- recenzent publikacji naukowych w 3 czasopismach krajowych,

**X/ Staże NAUKOWE krajowe i zagraniczne w ośrodkach naukowych, akademickich**

i przemysłowych

- staż w Institute of Aerospace Engineering Brno University of Technology – 1 miesiąc

- staż przemysłowy w WSK PZL – Świdnik S.A. 2016 r. – 1 tydzień,

- staż przemysłowy w firmie Tworzywa Sztuczne PZL Mielec Sp. z o.o. 2016 r.,

1 tydzień.

**XI /**  **Członkostwo w międzynarodowych i krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych**

a/ członek European Structural Integrity Society - od 2016 r.

b/ członek European Scientific Association on Material Forming - od 2018 r.

c/ członek Polskiego Towarzystwa Materiałów Kompozytowych - od 2017 r.

d/ członek Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Mechaników Polskich - od 2017 r.

e/ członek Polskiego Towarzystwa Zarzadzania Produkcją - od 2018 r.

**XII/** **NAGRODY ZA DZIAŁALNOŚĆ NAUKOWĄ**

– 2 indywidualne nagrody Rektora PRz III stopnia + 1 nagroda zespołowa III stopnia.

– nagroda Rektora Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej im. Stanisława Pigonia w Krośnie za wdrażanie do procesu dydaktycznego programów komputerowych wspomagających projektowanie w systemach 2D i 3D dla studentów kierunku Mechanika i Budowa Maszyn.

**OSIĄGNIĘCIA DYDAKTYCZNE ORAZ W ZAKRESIE POPULARYZACJI**

**NAUKI**

**1/ przygotowanie i przeprowadzenie wykładów i ćwiczeń z przedmiotów:**

- Kompozyty warstwowe ,

- Nanokompozyty

w ramach studiów podyplomowych pt. „Kompozyty konstrukcyjne” , wykłady i ćwiczenia zamawiane przez Polskie Zakłady Lotnicze Sp. z o.o ,

Celem przygotowania się do prowadzenia zajęć dydaktycznych z powyższych zagadnień Habilitant w tym celu odbył staże przemysłowe w firmach w Polsce mających największe doświadczenie w produkcji struktur kompozytowych, to jest w WSK PZL Świdnik SA oraz w ZPTSz PZL Mielec Sp. z o.o , 2016 r.

**2/ przygotowanie i przeprowadzenie wykładów i ćwiczeń na studiach podyplomowych zamawianych przez WSK Mielec z przedmiotów:**

- Podstawy odchudzonej produkcji,

- Redukcja czasów przezbrajania SMED ,

- Zapobieganie błędom Poka Yoke (wykłady i ćwiczenia)

w ramach studiów podyplomowych pt. „Learn Manufacturing – doskonalenie produkcji” zamawiane przez WSK PZL Świdnik SA 2017 r.

**3/ przygotowanie i przeprowadzenie zajęć dydaktycznych na studiach podyplomowych, magisterskich i inżynierskich w Politechnice Rzeszowskiej (po otrzymaniu stopnia doktora do chwili obecnej ), z przedmiotów :**

- Redukcja czasów przezbrajania SMED (wykład, ćwiczenia),

- Organizacja systemów produkcyjnych (wykład, projekt),

- Inżynieria wytwarzania (wykład , laboratorium),

- Narzędzia odchudzania produkcji (laboratorium),

- Zarządzanie produkcją i usługami (projekt),

**4/ zajęcia dla studentów zagranicznych z University of Minho , Portugal - w ramach programu ERASMUS z przedmiotu :**

- Manufacturing Process Design

**5/ zajęcia dydaktyczne w PWSZ w Krośnie w roku ak. 2015/16 z przedmiotów** **:**

**-** Komputerowe wspomaganie projektowania (wykład, ćwiczenia),

- Grafika inżynierska (wykład, projekt),

- Projektowanie 2D (wykład, projekt ),

- Organizacja i procesy produkcji (wykład, ćwiczenia),

- AUTOCAD (wykład, projekt ) ,

- Planowanie obróbki na CNC ( ćwiczenia ),

- Projektowanie i automatyzacja procesów obróbki (wykład, ćwiczenia),

- Projektowanie 3D (wykład, projekt) ,

**6/ współorganizator festiwalu nauki pod nazwą :**

- Noc Nauki w PWSZ w Krośnie, w r. ak. 2015/16 - prezentacja demonstracji z zakresu materiałoznawstwa i wytrzymałości materiałów,

- Karpackie Klimaty z PWSZ w Krośnie, w r. ak. 2015/16 - prezentacja

demonstracji z zakresu obróbki skrawaniem,

**7/ opieka naukowa nad studentami w charakterze promotora :**

- wypromowanych łącznie 72 dyplomantów studiów inżynierskich Wydziału Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rz. ,

- wypromowanych 9 dyplomantów studiów inżynierskich z Instytutu Politechnicznego PWSZ w Krośnie,

**8/ opieka naukowa nad studentami w charakterze promotora pomocniczego :**

- dla 2 doktorantów w latach 2016-2019

**VI/ Inne osiągnięcia Habilitanta**

- koordynator ds. KK Rekrutacyjnej na kierunek Zarządzanie i Inżynieria Produkcji,

od 2018 r. ,

- członek Komisji Obron prac Dyplomowych magisterskich i inżynierskich na kierunku Mechanika i Budowa Maszyn Politechniki Rz. , od 2016 r., członek Międzywydziałowej Komisji Rekrutacyjnej Politechniki Rz., 2015-2019 r.

**INFORMACJA O WSPÓŁPRACY HABILITANTA Z OTOCZENIEM SPOŁECZNYM I GOSPODARCZYM**

**I/ Wykaz dorobku technologicznego zrealizowanego dla przemysłu i otoczenia gospodarczego :**

- 4 projekty przyrządów wykonanych przez Habilitanta według potrzeb i danych

technicznych w ramach współpracy z firmą Steinhof sp. z o.o. ,

- 1 projekt wykonany przez Habilitanta na zlecenie Rejonowych Warsztatów Technicznych w Rzeszowie,

- wykonanie przez A. Kubit, T. Trzepiecinski oryginalnego oprzyrządowania do przeciągania blach celem symulowania przejścia blachy przez próg ciągowy w procesie tłoczenia - na zlecenie laboratorium Katedry Przeróbki Plastycznej Politechniki Rz.

**II/ Współpraca Habilitanta** **z sektorem gospodarczym :**

- wykonawca Projektu krajowego kluczowego nr POIG.0101.02-00-015 **/**08 w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka,

- wykonawca Projektu nr U-16303 **/**2016 w ramach Działania 1.1 Projekty B+ R dla przedsiębiorstw, realizacja 2015-2018 r.,

- wykonawca 3 prac zleconych przez Rejonowe Warsztaty Techniczne w Rzeszowie w ramach stosownych umów,

- członek zespołu przystępującego do europejskiego konkursu projektowego pt.

„ Optimization of hybrid joining RFSSW with adhesive bond ” , 2018 r.

**III/ Uzyskane prawa własności przemysłowej przez Habilitanta, w tym patenty**

**krajowe lub zagraniczne :**

- 2 patenty Nr PL 230141 B1, PL 230789 B1 udzielone przez Urząd Patentowy RP, 2018 r.

- 1 zgłoszenie patentowe Nr P.427565 pozytywnie ocenione przez Urząd Patentowy RP .

**IV/ Opracowania wykonane na zamówienie instytucji publicznych lub przedsi**ę**biorców:**

- 3 sprawozdania z przeprowadzonych badań I-go, II-go i III-go etapu w ramach umów na zamówienie firmy Steinhof Sp. z o.o. Tarnów,

- przeprowadzenie audytu wstępnego w ramach umowy realizowanej dla Rejonowych Warsztatów Technicznych w Rzeszowie, 2016 r.,

- opracowanie dokumentacji technicznej na wykonanie oprzyrządowania narzędziowego wg. Umowy nr 359 **/**3RBLog **/**08 **/**2017 dla Rejonowych Warsztatów Technicznych w Rzeszowie,

**V/ Udział Habilitanta w zespołach eksperckich lub konkursowych :**

- współpraca z Przedsiębiorstwem Produkcyjno-Handlowo-Usługowym EKOLOG – Producentem Samolotów Ultra Lekkich w charakterze eksperta w ramach projektu badawczego realizowanego przez wymienione przedsiębiorstwo.

**Wskaźniki bibliometryczne osiągnięć Habilitanta**

Sumaryczne zestawienie dorobku naukowo-badawczego, popularyzatorskiego , dydaktycznego, organizacyjnego, technologicznego, współpracy Habilitanta z sektorem społecznym i gospodarczym, patenty, członkostwo w zagranicznych i krajowych towarzystwach naukowych, po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych zostało zamieszczone na str. 30-31 w Załączniku nr 4.

Dowodem dużej aktywności publikacyjnej Habilitanta w latach 2016-2019 jest opublikowanie łącznie 53 prace naukowych wg. baz JCR oraz Web of Science, średnio 11 prac/ rok oraz wskaźniki bibliometryczne :

sumaryczny Impact factor wg bazy JCR wynoszący - 46.645 ,

liczba cytowań publikacji naukowych wg. bazy Web of Science z dnia 14.03.2020 - 92 prace,

liczba punktów MNiSW (zgodnie z rokiem publikowania prac) w liczbie - 1813 ,

indeks Hirscha wg. bazy Web of Science wynoszący – 5.

**WNIOSEK KOŃCOWY WNIOSKU**

biorąc pod uwagę pozytywną ocenę osiągnięcia naukowego Habilitanta, Jego aktywną i różnorodną działalność naukowo-badawczą, dydaktyczną, projektową, organizacyjną i szkoleniową, członkostwo w międzynarodowych i krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych, znaczący dorobek technologiczny zrealizowany dla przemysłu i otoczenia gospodarczego, osiągnięcia projektowe, udzielone patenty i zgłoszenia patentowe obecnie oceniane przez Urząd Patentowy RP, wnoszące całościowo istotny wkład w rozwój inżynierii mechanicznej

**wnioskuję o nadanie Panu dr inż. Andrzejowi KUBITOWI stopnia naukowego doktora habilitowanego**

