

Ocena dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego
dr inż. Rafała Cygana
w związku z postępowaniem w sprawie nadania stopnia
doktora habilitowanego Nauk Inżynieryjno-Technicznych
w dyscyplinie Inżynieria Materiałowa

I. PODSTAWA FORMALNA OCENY

Niniejsza ocena została opracowana na podstawie pisma nr RM/531-10-08/2023, dr hab. inż. Macieja Motyki, prof. PRz, Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Rzeszowskiej z dnia 27. 12. 2023 r. Do pisma dołączono wymaganą dokumentację. Jako osiągnięcie naukowe stanowiące podstawę ubiegania się o uzyskanie stopnia doktora habilitowanego Habilitant wskazał cykl powiązanych tematycznie dziesięciu wieloautorskich publikacji. Przyjęty tytuł osiągnięcia naukowego to „Określenie wpływu materiałów ceramicznych form i rdzeni na kształtowanie makro- i mikrostruktury oraz wybranych właściwości nadstopów niklu w odlewach precyzyjnych elementów części gorącej silników lotniczych”.

II. SYLWETKA HABILITANTA

Dr inż. Rafał Cygn jest absolwentem Wydziału Odlewnictwa Akademii Górniczo-Hutniczej gdzie w 2004 roku uzyskał stopień magistra inżyniera. Pracę magisterską pt. „Porównanie wybranych metod wytwarzania modeli techniką Rapid Prototyping” zrealizował pod opieką prof. Józefa Sz. Suchego. Jeszcze jako student AGH zrealizował w 2003 roku, 6 miesięczny staż naukowy w Institute of Foundry Technology (Dusseldorf, Niemcy). Następnie w roku 2005 r. rozpoczął pracę w odlewni precyzyjnej WSK PZL Rzeszów S.A. na stanowisku inżyniera

procesu, kolejno przechodząc przez stanowiska inżyniera produktu, konstruktora, a obecnie piastuje stanowisko głównego specjalisty ds. Rozwoju Technologii Odlewni Precyzyjnej. Stopień doktora nauk technicznych nadała Kandydatowi w dniu 25 października 2010 roku Rada Wydziału Odlewnictwa Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie na podstawie dysertacji „Przyczyny powstawania niedolewów w supercienkościennych elementach odlewanych z nadstopów na osnowie niklu”. Promotorem pracy doktorskiej był prof. dr hab. inż. Józef Sz. Suchy. Recenzentami rozprawy doktorskiej byli dr hab. inż. Andriy Burbelko prof. AGH, z Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie i dr hab. inż. Krzysztof Kubiak, prof. PRz. z Politechniki Rzeszowskiej. Dr inż. Rafał Cygan po uzyskaniu stopnia doktora kontynuuje pracę w Odlewni Precyzyjnej WSK-PZL Rzeszów S.A..

III. OCENA AKTYWNOŚCI NAUKOWEJ

Opinia dotycząca osiągnięcia naukowego

Jako osiągnięcie naukowe, zgodnie z art. 219 ust 1 pkt. 2 ustawy z dn. 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2021r. poz. 478 z późn. zm.) stanowiące podstawę o ubieganie się o uzyskanie stopnia naukowego doktora habilitowanego, Habilitant przedstawił cykl powiązanych tematycznie 10 wieloautorskich publikacji naukowych.

Ocena merytoryczna

Wskazany do oceny dorobek dr inż. Rafała Cygana, dotyczący możliwości kształtowania wybranych właściwości mechanicznych odlewów precyzyjnych elementów turbiny silnika lotniczego poprzez sterowanie procesami krzepnięcia i krystalizacji, został opublikowany w latach 2013 – 2023, w następujących czasopismach: Archives of Foundry and Engineering – 1, Archives of Civil and Mechanical Engineering – 1, Journal of the Minerals, Metals and Materials Society – 1, Szkło i Ceramika – 1, Archives of Metallurgy and Materials – 1, Jorunal of Materials Engineering and Performance – 2, Materials – 1, Journal of Materials Processing Technology – 1, Ceramic International - 1

Publikacje te stanowią reprezentatywny, powiązany tematycznie obszar charakteryzujący działalność badawczą dr inż. Rafała Cygana.

Celem naukowym prowadzonych badań było określenie możliwości wykorzystania wpływu parametrów technologicznych procesu odlewania, a także materiału formy na kształtowanie wybranych właściwości nadstopów niklu przeznaczonych na odlewy elementów gorącej części silników lotniczych.

Na podstawie prowadzonych prac badawczych dotyczących doboru liczby warstw formy ceramicznej zostały określone parametry sterowania procesem krzepnięcia i krystalizacji odlewane go stopu niklu Inconel 713C, natomiast z wykorzystaniem analizy numerycznej zostały określone pola rozkładu temperatury w formie odlewniczej.

Z kolei zaproponowanie i dobór modyfikatora w postaci glinianu kobaltu, wprowadzanego do warstwy przymodelowej umożliwił określenie wpływu wielkości dodatku oraz temperatury zalewania na wielkość ziaren oraz ograniczenie występowania ziaren kolumnowych. Pozwoliło to Habilitantowi na wyznaczenie optymalnego poziomu i sposobu wprowadzania modyfikatora mającego wpływ na proces krzepnięcia i krystalizacji, a tym samym na makro- i mikrostrukturę stopu. Uzyskane wyniki badań w obszarze modyfikacji mikro- i makrostruktury stopu niklu poprzez dodatek CoAl_2O_4 do pierwszej, kontaktowej warstwy formy potwierdzają poprawę takich parametrów odlewu jak wytrzymałość na rozciąganie a także wzrost twardości. Zastosowane w badaniach parametry w postaci zmiennej zawartości dodatku modyfikatora oraz temperatury zalewania formy od 1480°C do 1520°C wskazują na zależność wielkości ziarna odlanego stopu w zależności od wariantu, która może ulec nawet 6 krotnemu zmniejszeniu w stosunku do wielkości ziarna uzyskanej przy odlewaniu bez dodatku modyfikatora.

Przy kontynuacji prac związanych z efektem wprowadzanego dodatku modyfikatora do stopu niklu, przy różnych temperaturach zalewania, Habilitant określił jego wpływ na parametr jakim jest odporność na pęczanie.

Innym, spójnym tematycznie, obszarem badawczym Habilitanta była weryfikacja materiałów stosowanych na rdzenie ceramiczne oraz metoda ich wytwarzania na drodze formowania wtryskowego. W tym przypadku, na podstawie badań określono optymalny skład chemiczny, a także podstawowe parametry mechaniczne charakteryzujące wlewnicę ceramiczną. Parametrem odniesienia była wytrzymałość na zginanie, której wartość, w wyniku zastosowanych modyfikacji wzrosła o około 22%, a także niski skurcz materiału. Otrzymane wyniki zostały wdrożone przez CPP do produkcji rdzeni.

Kolejnym ważnym osiągnięciem Habilitanta w wytwarzaniu form odlewniczych, było

zastosowanie dodatku włókien szklanych do masy formierskiej. Zastosowanie tego typu dodatku umożliwiło wytworzenie materiału stosowanego na warstwy formy o lepszych właściwościach fizykochemicznych, wpływających na wytrzymałość mechaniczną i przewodność cieplną, przy mniejszej liczbie warstw. W tym przypadku została również zaproponowana modyfikacja masy formierskiej poprzez zastosowanie dodatku proszków metali (m.in. Al., Cu, Fe, Ti, Ni), które pozwalają wraz z dodatkiem włókna szklanego poprawić parametry wytrzymałości na zginanie. Podobnie jak technologia wytwarzania rdzeni, modyfikacja materiału formy poprzez dodatek włókien szklanych jest przedmiotem wdrożenia do technologii w CPP Poland.

Szczegółowa analiza zbioru publikacji stanowiących podstawę rozprawy habilitacyjnej dr inż. Rafała Cygana pozwala stwierdzić, że:

- Autor zrealizował obszerny zakres badań dotyczący opracowania założeń i koncepcji wytwarzania form i rdzeni ceramicznych z wykorzystaniem dodatku aktywatora, a następnie zbadania wpływu materiału wlewnicy oraz pola rozkładu temperatury na makro- i mikrostrukturę odlewanego stopu niklu, przedstawionego w postaci cyklu 10 powiązanych tematycznie publikacji. W bibliografii poszczególnych artykułów cytowane są publikacje Autora (głównie jako współautora).
- Sformułowane cele badawcze, posiadają wysoką wartość nie tylko naukową, ale i aplikacyjną., co zostało potwierdzone przez CPP Poland wdrożonymi wynikami prac do praktyki przemysłowej. W tym udział Habilitanta w 8 wdrożonych technologiach w latach 2005-2010 oraz kolejnych zrealizowanych 9 wdrożeniach w latach 2011-2023.
- Zaproponowana i zrealizowana metodyka badawcza pozwoliła na wykazanie, że odpowiednio zaprojektowana i wytworzona forma z wykorzystaniem modyfikatora, a także rdzeń ceramiczny umożliwiając uzyskanie założonej mikro- i makrostruktury w procesie krzepnięcia i krystalizacji spełniającej wysokie kryteria bezpieczeństwa eksploatacji turbiny silnika turbowentylatorowego.
- Uzyskane przez Habilitanta wyniki badań poszerzają wiedzę w obszarze świadomego kształtowania struktury stopu niklu inconel 713C pod kątem wpływu dodatku modyfikatora w postaci CoAl_2O_4 a także pola rozkładu temperatur formy warstwowej przy nagrzewaniu i chłodzeniu.
- Słabszym elementem opiniowanej części dorobku, w postaci cyklu artykułów jest brak szerszej informacji o osiągnięciach w tym obszarze na świecie, także w aspekcie

parametrów referencyjnych dotyczących odlewanych stopów niklu m.in. wytrzymałości na rozciąganie, granicy plastyczności czy twardości. Ponadto po zapoznaniu się z treścią przedstawionych do oceny publikacji, wydaje się, że artykuł pt. „Nowoczesne spoiwa ceramiczne w odlewnictwie precyzyjnym”, gdzie Habilitant jest jedynym autorem, nie wnosi odpowiedniej wiedzy dotyczącej analizy uzyskanych wyników badań. Usprawiedliwieniem może być fakt, że autor przedstawiał, w tym przypadku, materiał stanowiący przedmiot postępowania przed Urzędem Patentowym RP.

- Pewnym mankamentem w ocenie tego typu wieloautorskich prac jest konieczność wykazania wkładu jednego z autorów w rozwój dyscypliny, w tym przypadku inżynierii materiałowej. Biorąc jednak pod uwagę dosyć szerokie grono współautorów/współrealizatorów prac publikujących z Habilitantem oraz potwierdzone przez CPP Poland wdrożenie szeregu rozwiązań będących wynikiem prac naukowo-badawczych Habilitanta oceniam ten dorobek pozytywnie jako skuteczne łączenie osiągnięć naukowych z praktyką.
- Należy zwrócić uwagę na pojawiający się w Autoreferacie oraz kilku pracach błąd, przy opisie reakcji modyfikatora z pierwiastkowym glinem, gdzie został niewłaściwie dobrany współczynnik stechiometryczny. Jest to o tyle problematyczne, że ten błąd jest powielony w publikacjach [5, 6 i 8], co biorąc pod uwagę potencjał publikacyjny wyników badań należy bezwzględnie skorygować.

Wniosek

Pozytywnie oceniam wartość naukową badań przedstawionych w cyklu 10 artykułów stanowiących podstawę procedury habilitacyjnej dr inż. Rafała Cygana. Uzyskane przez Habilitanta wyniki badań mają nie tylko wartość poznawczą, ale również bardzo duży potencjał wdrożeniowy. W dużej mierze ich wartość potwierdza 17 wdrożonych do praktyki przemysłowej CPP Poland technologii będących efektem prac Habilitanta i zespołu

Ocena istotnej aktywności naukowej

Habilitant po uzyskaniu stopnia naukowego doktora, kontynuował pracę w CPP Poland, gdzie był odpowiedzialny za typowanie i dobór materiałów ceramicznych na formy odlewnicze. Jego zainteresowania naukowe realizowane były w ramach szeregu projektów badawczych m.in.: HICAST i LIDER. Badania dotyczące mas ceramicznych realizowane

wspólne z krajowymi ośrodkami naukowymi stanowią przedmiot zgłoszenia patentowego, a opracowane technologie badania szczelności czy mycia formy są na etapie procedury oceny patentowej. Ponadto Habilitant brał udział w realizacji projektu HPT oraz PBS. W tym ostatnim pełnił rolę Kierownika. Jednocześnie wyniki uzyskane w ramach prac zrealizowanych w projekcie PBS stanowiły ważny element dorobku Habilitanta, w którym wytypowany został modyfikator w postaci glinianu kobaltu oraz opracowany został sposób przygotowania ceramicznej formy warstwowej. Najważniejsze wyniki swoich badań w tym obszarze Habilitant zawarł w osiągnięciu naukowym „Określenie wpływu materiałów ceramicznych form i rdzeni na kształtowanie makro- i mikrostruktury oraz wybranych właściwości nadstopów niklu w odlewach precyzyjnych elementów części gorącej silników lotniczych”, jako cykl tematycznie powiązanych 10 publikacji stanowiących podstawę do ubiegania się o uzyskanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk Inżynierjno-Technicznych w dyscyplinie Inżynieria Materiałowa.

Innymi istotnymi obszarami zainteresowań naukowych Habilitantki były między innymi:

- ✓ Symulacja numeryczna dla procesów zalewania i krystalizacji rdzeni łopatek HPC, gdzie Habilitant badania w tym obszarze realizował we współpracy z Wydziałem Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej. Wyniki prowadzonych badań były opublikowane w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym, a także stanowiły podstawę pracy doktorskiej Pana Michała Kwiatkowskiego. W procedurze tej, dr Rafał Cygan pełnił rolę promotora pomocniczego.
- ✓ Wykonanie symulacji numerycznej procesu krystalizacji kierunkowej odlewów płyt i łopatek HPT w ramach współpracy z Politechniką Rzeszowską. Wyniki badań stanowiły podstawę publikacji.
- ✓ Udział w realizacji projektu w ramach ścieżki INNOTECH, których liderem była CPP Poland, Dr inż. Rafał Cygan kierował badaniami dotyczącymi opracowania technologii produkcji wielkogabarytowych segmentów aparatów kierujących do silników GP 7000, stosowanych w samolotach Airbus A380. Opis technologii oparty o wyniki badań został utajniony przez CPP.
- ✓ Realizacja projektu w ramach programu kluczowego POIR, w którym Habilitant pełnił rolę kierownika zespołu koncepcyjnego, projektowania oraz wdrażania opracowanego rozwiązania. Głównym obszarem realizowanym w projekcie było stworzenie założeń

do zaprojektowania i zbudowania zautomatyzowanego stanowiska do czyszczenia form i weryfikacji ich stanu technicznego.

- ✓ Opracowanie technik badań nieniszczących, ocenę porowatości skurczowej i gazowej oraz analizę wtrąceń niemetalicznych, które Habilitant aktualnie realizuje w ramach projektu Szybka Ścieżka.
- ✓ Wdrożenie produkcji łopatkı wysokiego ciśnienia o strukturze dendrytyczno-kolumnowej stanowi kolejny obszar aktualnie realizowany w ramach drugiego projektu w programie Szybka Ścieżka.

Podsumowując ocenę aktywności naukowej Habilitanta w zakresie badań prowadzonych poza głównym nurtem omówionym w tematycznym cyklu 10 publikacji, stwierdzam, że jest ona prowadzona w obszarach ukierunkowanych na innowacyjne zastosowanie w procesach przemysłowych odlewania precyzyjnego i charakteryzuje ją wysoki poziom merytoryczny.

Ilościowa ocena aktywności naukowej

Łączny opublikowany dorobek naukowy Habilitanta po uzyskaniu stopnia doktora habilitowanego obejmuje następujące pozycje:

- 37 pozycje w czasopismach międzynarodowych,
- 9 referatów konferencyjnych,
- 6 zgłoszeń patentowych
- 1 wzór użytkowy
- 9 wdrożeń technologicznych
- liczba publikacji w Web of Science 41,
- liczba publikacji w Scopus 41

Wskaźniki parametryczne oceny dorobku naukowego wynoszą odpowiednio (z dn. 01.03.24):

- ✓ Index Hirscha w bazie Web of Science 13,
- ✓ Index Hirscha w bazie Scopus 13,
- ✓ Liczba cytowań w bazie Web of Science 388 (bez autocytowań),
- ✓ Liczba cytowań w bazie Scopus 493 (bez autocytowań).

Charakteryzując dorobek naukowy Habilitanta należy podkreślić dodatkowo, że:

- Większość publikacji ukazała się w renomowanych czasopismach naukowych.

- Wyniki badań prezentowane były na konferencjach krajowych i międzynarodowych, organizowanych przez renomowane instytucje i organizacje.
- Habilitant zrealizował 20 projektów badawczych z ramienia WSK PZL Rzeszów S.A. oraz CPP Poland w tym kierował 10 zadaniami/projektami naukowymi pozyskanymi na drodze konkursów organizowanych w ramach konkursu projekt celowy czy ścieżek: PBS; Demonstrator, Innocast, Innotech; Szybka Ścieżka i Lider.
- Jest członkiem grupy eksperckiej w ramach programu Horyzont Europa (European Partnership form Clean Steel – Low Carbon Steelmaking)
- Realizował zadanie jako Kierownik z ramienia WSK PZL Rzeszów, w programie europejskim Clean Sky.
- Odbił zagraniczne staże/pobyty o charakterze naukowo-badawczym w Institute of Foundry Technology w Dusseldorfie i wizytę techniczną w TECNALIA w Hiszpanii.
- Uczestniczył w szeregu projektach badawczych pt. Pionierzy Naszej Przyszłości realizowanych w ramach działalności innowacyjnej Pratt&Witney Canda

Z punktu widzenia dorobku naukowego dr inż. Rafała Cygana słabą stroną jest praktyczny brak publikacji autorskich. Praktycznie wszystkie są pracami zespołowymi. Wynika to zapewne z charakteru realizacji badań w zespołach wieloosobowych ukierunkowanych na rozwiązania praktyczne mające potencjał aplikacyjny dla obecnego pracodawcy Habilitanta.

Wniosek

Podsumowując dorobek naukowy Habilitanta, który pracuje w przedsiębiorstwie produkcyjnym CPP Poland, mogę z pełnym przekonaniem stwierdzić, że jest on dobry tak pod względem jakościowym jak i ilościowym. Charakteryzują go między innymi wysokie wartości wskaźników bibliometrycznych. Dorobek ten został znacząco powiększony po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych.

Jednocześnie uważam, że prace naukowe dr inż. Rafała Cygana wnoszą istotny wkład w rozwój wiedzy w obszarze inżynierii materiałowej. Przeważający cykl spójnych tematycznie 10 publikacji ze wskazanym jako osiągnięcie naukowe „Określenie wpływu materiałów ceramicznych form i rdzeni na kształtowanie makro- i mikrostruktury oraz wybranych właściwości nadstopów niklu w odlewach precyzyjnych elementów części gorącej silników lotniczych” ma wysoką wartość zarówno naukową jak i aplikacyjną potwierdzonymi przez CPP Poland wdrożonymi technologiami do praktyki przemysłowej. Wnosi ona nową wiedzę w obszarze projektowania nowych tworzyw ceramicznych do zastosowań przy konstruowaniu

form i rdzeni odlewniczych. Jak wcześniej zaznaczyłem słabą stroną analizowanego dorobku naukowego jest praktyczny brak publikacji autorskich.

IV. OCENA AKTYWNOŚCI DYDAKTYCZNEJ

Dr inż. Rafał Cygan na co dzień pracuje w przedsiębiorstwie produkcyjnym nie mając możliwości realizacji aktywności dydaktycznej w pełnym zakresie. Jednak należy tutaj podkreślić zaangażowanie w realizację projektów inżynierskich, prac magisterskich oraz doktoratów, które są prowadzone dla studentów Politechniki Rzeszowskiej oraz Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

Charakteryzując szczegółowo tę działalność w analizowanym obszarze należy zwrócić uwagę na następujące elementy:

- ✓ Kandydat prowadził prelekcje z zakresu odlewnictwa precyzyjnego dla studentów Politechniki Rzeszowskiej i AGH,
- ✓ Był promotorem/opiekunem 8 prac inżynierskich i magisterskich, a także recenzował tego typu prace.
- ✓ Był promotorem pomocniczym w 2 przewodach doktorskich zrealizowanych na AGH.

Habilitant swoje kompetencje dydaktyczne ze względu na charakter wykonywanej pracy zawodowej, podnosi poprzez współpracę z uczelniami technicznymi gdzie w ramach organizowanych tematycznych wykładów prezentuje studentom zagadnienia związane z odlewnictwem, a także poprzez udział w realizacji projektów inżynierskich i prac magisterskich posiadających charakter aplikacyjny

Wniosek

Dorobek dydaktyczny Habilitanta, nie będącego nauczycielem akademickim oceniam pozytywnie - szczególnie w kontekście popularyzacji praktycznej wiedzy z zakresu odlewnictwa oraz włączania się w prowadzenie prac doktorskich, magisterskich i inżynierskich.

V. OCENA AKTYWNOŚCI ORGANIZACYJNEJ

Dr inż. Rafał Cygan aktywnie uczestniczy w działalności organizacyjnej na rzecz Inżynierii Materiałowej.

Na szczególne podkreślenie zasługuje:

- ✓ praca w Polskim Towarzystwie Materiałoznawczym,
- ✓ członkostwo w Dolinie Lotniczej
- ✓ członkostwo w The Minerals, Metals & Materials (TMS),
- ✓ członkostwo w European Investment Casters' Federation,
- ✓ członek Grupy Ramowej UE Horyzont 2020,
- ✓ Przewodniczący/Członek Zespołu Ekspertów wielu realizowanych programów m.in. przez: NCBR, NAWA, PARP, BGK, Fundacji Rozwoju Systemu Edukacji.

Wniosek

Dorobek organizacyjny Habilitanta oceniam pozytywnie. Angażuje się aktywnie w realizację wielu zadań dotyczących rozwoju dyscypliny naukowej inżynieria materiałowa.

VI. WNIOSEK KOŃCOWY

Osiągnięcia naukowe dr inż. Rafała Cygana oceniam pozytywnie.

Na taką ocenę wpłynęły następujące elementy:

- Wysoka wartość merytoryczna przedstawionego w dorobku w postaci zestawu spójnych tematycznie 10 publikacji.
- Dobry dorobek publikacyjny Habilitanta, będącego zatrudnionym w przedsiębiorstwie produkcyjnym poza uczelnią lub instytutem naukowym.
- Kierowanie jak i udział w realizacji wielu strategicznych projektów naukowo-badawczych.
- Prezentacja wyników badań własnych na wielu konferencjach międzynarodowych.
- Współpraca w obszarze badawczym z zagranicznymi i krajowymi jednostkami naukowymi jak i sektorem gospodarczym.
- Dorobek naukowy Habilitanta został znacznie powiększony po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych.
- Dorobek charakteryzują wysokie wartości wskaźników bibliometrycznych.
- Uzyskane przez Habilitanta wyniki badań własnych poszerzają wiedzę w zakresie dyscypliny Inżynieria Materiałowa.
- Dorobek Habilitanta posiada istotny wpływ na rozwój gospodarki, szczególnie technologii odlewania precyzyjnego, który jest potwierdzony przez CPP Poland.

- Podstawowy i poszerzany dorobek dydaktyczny.
- Aktywność i kreatywność w działalności organizacyjnej na arenie instytucji krajowych i europejskich.

W podsumowaniu stwierdzam, że przedstawiony do oceny dorobek naukowy, dydaktyczny i organizacyjny dr inż. Rafała Cygana jest znaczący we wszystkich obszarach i tym samym zasługuje On na uzyskanie stopnia doktora habilitowanego (spełnia wymagania ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce - tj. Dz.U. z 2023 r. poz. 742 z późn. zm.).

Wnioskuje zatem do Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Rzeszowskiej o nadanie dr inż. Rafałowi Cygan stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk Inżynieryjno-Technicznych w dyscyplinie Inżynieria Materiałowa.

