

Białystok, 18.12.2011 r.

Prof. dr hab. inż. Andrzej Seweryn
profesor zwyczajny
Politechnika Białostocka
Wydział Mechaniczny
Katedra Mechaniki i Informatyki Stosowanej
15-351 Białystok
ul. Wiejska 45 C
a.seweryn@pb.edu.pl

Recenzja
rozprawy habilitacyjnej oraz dorobku naukowego
dr inż. Katarzyny Kowalczyk - Gajewskiej

Tytuł rozprawy:

„*Micromechanical modelling of metals and alloys of high specific strength*”

Podstawa opracowania opinii: pismo Dyrektora Instytutu Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk w Warszawie, prof. dr hab. inż. Andrzeja Nowickiego, z dnia 06.07.2011 roku.

Przedstawiona poniżej opinia składa się z oceny rozprawy habilitacyjnej, oceny dorobku naukowego oraz oceny końcowej.

I. Ocena rozprawy habilitacyjnej

I.1. Charakterystyka i ogólna analiza pracy

Rozprawa habilitacyjna dr inż. Katarzyny Kowalczyk - Gajewskiej zatytułowana „*Micromechanical modelling of metals and alloys of high specific strength*” została opublikowana przez Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN w Warszawie, w serii: *Prace IPPT nr 1/2011*.

Zgodnie z tytułem rozprawy, przedmiotem rozważań jest modelowanie właściwości mechanicznych metali i stopów o wysokiej wytrzymałości właściwej, z uwzględnieniem mikrostruktury materiału. Problematyka poruszona w pracy należy do dyscypliny *mechanika*, a w szczególności do szeroko rozumianej *mechaniki materiałów*.

Tematyka rozprawy należy do nowoczesnego nurtu badań, związanych z analizą, modelowaniem (także wieloskalowym) i identyfikacją właściwości materiałów polikrystalicznych o wysokiej wytrzymałości właściwej, takich jak stopy magnezu, cyrkonu i tytanu oraz związki międzymetaliczne, zawierające co najmniej dwa składniki metalowe (np. Ti-Al, czy też Fe-Al), prowadzonych zarówno w skali mikro-, jak i makroskopowej. Materiały te charakteryzują się niską symetrią sieci, niewystarczającą liczbą systemów poślizgu i skłonnościami bliźniakowania, a czasami także strukturą lamelarną. Badania te mają duże znaczenie nie tylko poznawcze, ale także i użytkowe. Związane jest to z coraz szerszym zastosowaniem tych materiałów (pomimo wysokiej ceny spowodowanej zaawansowaną technologią wytwarzania) w przemyśle lotniczym, chemicznym i paliwowym

oraz energetyce jądrowej i inżynierii biomedycznej. Jednakże silna zależność właściwości mechanicznych (i ich anizotropii) od mikrostruktury materiału oraz niska ciągliwość i w związku tym możliwość występowania kruchego pęknięcia, powoduje konieczność opracowania dokładniejszych (wieloskalowych) modeli materiału, a w ślad za tym – opracowania metod obliczeniowych pozwalających na prognozowanie stanu uszkodzenia oraz warunków krytycznych (np. wartości i czasu działania obciążenia, temperatury), w których następuje zniszczenie elementu konstrukcyjnego lub całej konstrukcji wykonanych z tych materiałów. Jest to niezwykle ważne z punktu widzenia trwałości i niezawodności konstrukcji, a także jej bezpiecznej eksploatacji.

Dr inż. Katarzyna Kowalczyk - Gajewska w recenzowanej pracy postawiła sobie następujący cel: „opracowanie różnych metod mikromechanicznej analizy sprężysto – (lepk) plastycznych polikryształów metali i stopów o wysokiej sztywności i wytrzymałości właściwej”. Choć cel ten jest może zbyt ogólnikowy, to jednak odzwierciedla badania przedstawione w pracy.

Rozprawa obejmuje aż 299 stron. Jest podzielona na 7 rozdziałów. Zawiera ponadto 3 dodatki, spis literatury oraz streszczenie w języku polskim (rozszerzone) i angielskim.

Pierwszy rozdział rozprawy (14 stron) zawiera genezę podjęcia badań, których wyniki zostały opisane w monografii. Zaprezentowano również cel i zakres pracy. W rozdziale tym opisano także najważniejsze osiągnięcia Habilitantki zamieszczone w rozprawie oraz uwagi dotyczące zastosowanej notacji.

W **rozdziale drugim** (68 stron) opisano metody modelowania konstytutywnego deformacji kryształów poprzez poślizg, a przede wszystkim poprzez bliźniakowanie. Szczególną uwagę poświęcono zmianom orientacji sieci krystalograficznej. Mechanizm bliźniakowania z opracowanym schematem reorientacji sieci został uwzględniony w modelach pojedynczego ziarna, w których wykorzystano regularyzowane prawo Schmid'a. Opisano także wpływ bliźniakowania na mechanizm poślizgu (powstawanie barier dla ruchu dyslokacji w postaci faz bliźniaczych) i związanego z tym umocnienia materiału. Sformułowano prawo umocnienia uwzględniające różne sprzężenia mechanizmów bliźniakowania i poślizgu. Zaproponowane zależności (warunek reorientacji, prawo umocnienia) zaimplementowano do znanych schematów przejścia mikro-makro, a mianowicie: klasycznego modelu Taylora oraz lepkoplastycznego modelu wewnętrznie zgodnego (VPSC). Przeprowadzono także weryfikację modelu obliczeniowego na podstawie wyników badań doświadczalnych przedstawionych w literaturze wykonanych dla stali Hadfielda, mosiądzu, stopu magnezu i związku międzymetalicznego Ti-Al. Analizowano makroskopową odpowiedź materiału (i zmianę jego mikrostruktury) dla zadanych różnych ścieżek deformacji.

Rozdział trzeci (52 strony) został poświęcony metodom wyznaczania makroskopowych, uśrednionych właściwości sprężystych materiałów polikrystalicznych, w szczególności zbudowanych z kryształów o niskiej symetrii sieci i silnej anizotropii. Uwzględniono różne rozkłady orientacji sieci krystalograficznych ziaren, w tym teksturę losową oraz uporządkowaną (włóknistą). Rozważono liniowe prawa konstytutywne, w których właściwości materiału opisane są tensorem czwartego rzędu (typu Hooke'a). Dokonano analizy dolnego i górnego ograniczenia na składowe tego tensora z użyciem modelu Reussa (założenie jednorodnych naprężeń), modelu Voigta (założenie jednorodnych odkształceń) oraz zasady Hashina-Shtrikmanna. Zaproponowano także wzory analityczne na moduły sztywności oraz naprężenia płynięcia dla pelzania, w których wykorzystano niezmienniki tensora IV rzędu. Zastosowano je do określenia stałych sprężystych oraz naprężenia płynięcia wybranych polikryształów.

W **rozdziale czwartym** (30 stron) omówiono podejścia wewnętrznie-zgodne w zastosowaniu do nieliniowych równań konstytutywnych. Zaproponowano wewnętrznie-zgodne, wykorzystujące regularyzowane prawo Schmid'a, sformułowanie w dużych odkształceniach przyrostowego schematu Hilla dla modelu pojedynczego kryształu. Przeprowadzono także analizę znanych z literatury generalizacji metody wewnętrznie-zgodnej wyznaczania właściwości polikryształu lepkoplastycznego (dla pełzania opisanego zarówno prawem potęgowym, jak i ustalonego). W dalszej części określono wpływ mechanizmu bliźniakowania na wartość wyznaczanych wielkości, w szczególności zwrócono uwagę na wywołane nim obniżenie wartości makroskopowego naprężenia płynięcia (w stosunku do mechanizmu poślizgu).

W **rozdziale piątym** (36 stron) przedstawiono trójskalowy (mikro-, mezo- i makroskopowy) model materiału polikrystalicznego, umożliwiający uwzględnienie wpływu substruktur lamelarnych. Skala mikro dotyczy w tym przypadku pojedynczego ziarna, skala makro – elementu polikrystalicznego, a skala mezo – lamelarnego metaziarna. Następnie zaproponowano schemat przejścia ze skali mikro do skali makro (z uwzględnieniem skali pośredniej) w zakresie małych odkształceń. Wykorzystano do tego celu ogólne podejście sformułowane dla laminatów, zaadaptowane do polikryształów o substrukturze lamelarnej. Model trójskalowy zastosowano do nieliniowych związków konstytutywnych, zakładając różne schematy przejścia. Zaproponowane podejście wykorzystano do wyznaczenia m.in. stałych sprężystości (anizotropii sprężystej) oraz początkowej powierzchni plastyczności dla polikryształu o substrukturze lamelarnej. Opracowane zależności rozszerzono na duże odkształcenia sprężysto-lepkoplastyczne, uwzględniając zmiany orientacji sieci krystalicznych w poszczególnych lamelach. Model został wykorzystany do wyznaczenia rozwoju tekstury krystalograficznej oraz reorientacji substruktury lamelarnej dla związku międzymetalicznego Ti-Al.

Rozdział szósty (38 stron) poświęcono schematom przejścia mikro-makro dla niejednorodnych materiałów o właściwościach sprężysto-lepkoplastycznych. Do sformułowania modelu takiego materiału wykorzystano koncepcję inkluzji zaproponowaną przez Eshelby'ego. Zaproponowano nowe podejście pozwalające na zastosowanie metody wewnętrznie zgodnej (self-consistent) do modelowania właściwości niejednorodnych materiałów sprężysto-lepkoplastycznych dla małych odkształceń. Zamiast jednoczesnego uwzględniania sprężystych i lepkoplastycznych właściwości matrycy w pojedynczym kroku obliczeniowym (w przyrostowym schemacie przejścia mikro-makro), zastosowano podejście sekwencyjne, polegające na rozwiązywaniu na zmianę zagadnienia Eshelby'ego dla reakcji sprężystej i lepkoplastycznej pomiędzy matrycą a inkluzją oraz odpowiednim powiązaniu tych rozwiązań. W przypadku schematu wewnętrznie-zgodnego konieczne jest rozważenie podproblemów: sprężystego i lepkoplastycznego oraz wykonanie kroku akomodacyjnego. Koncepcję sekwencyjnej linearyzacji wykorzystano do modelowania polikryształów metali o wysokiej wytrzymałości właściwej (i małej ciągliwości).

W **rozdziale siódmym** (6 stron) zamieszczono wnioski z przeprowadzonych badań oraz możliwe dalsze kierunki badań. Podsumowano własne oryginalne osiągnięcia dotyczące mikromechanicznego modelowania polikryształów metali o wysokiej wytrzymałości właściwej.

W **spisie literatury** uwzględniono 229 publikacji, z czego 14 jest autorstwa lub współautorstwa Kandydatki.

I.2. Ocena pracy

Oceniając wybór tematu, hipotezy i cele pracy oraz zakres badań, uważam, że są one bardzo ambitne i wartościowe, zarówno z naukowego, jak i użytecznego punktu widzenia. Oceniana rozprawa habilitacyjna zawiera oryginalne wyniki badań dr inż. Katarzyny Kowalczyk - Gajewskiej. Zostały one przedstawione w rozdziałach od drugiego do szóstego pracy. Są one związane z opracowaniem nowych zależności obliczeniowych w mikromechanicznych modelach materiałów (metali i ich stopów) o wysokiej sztywności i wytrzymałości właściwej. Poniżej omówię najważniejsze z nich.

1. Do ważnych osiągnięć Kandydatki należy niewątpliwie opracowanie mikromechanicznego modelu deformacji ziarna z uwzględnieniem różnych mechanizmów deformacji plastycznej: poślizgu oraz bliźniakowania, który został przedstawiony w drugim rozdziale pracy. Zaproponowano nowy schemat reorientacji tekstury ziaren, wynikający z faktu, że faza bliźniacza ma inną orientację sieci krystalograficznej niż wyjściowa orientacja fazy macierzystej. Opracowano także nową postać prawa umocnienia materiału polikrystalicznego, uwzględniającą różne sprzężenia zachodzące pomiędzy mechanizmami poślizgu i bliźniakowania.
2. Wysoko oceniam opracowany przez Kandydatkę trójskalowy (mikro-mezo-makro) model polikryształu o strukturze lamelarniej, opisany w rozdziale piątym. W materiałach tych ziarna o różnej orientacji sieci krystalograficznej mają kształt cienkich lameli, czasami zbudowanych z różnych faz materiału, tworzących strukturę polikrystaliczną laminatu. Zgodnie ze strukturą materiału, skala mikro dotyczy pojedynczego ziarna, skala mezo – lamelarnego metaziarna, a skala makro – elementu polikrystalicznego. Opisano wzajemny obrót sieci krystalograficznej w poszczególnych lamelach. Ważnym elementem modelu jest opracowany schemat przejścia mikro-mezo-makro, zarówno w zakresie małych, jak i dużych odkształceń. Wykorzystano do tego celu ogólne podejście sformułowane dla laminatów. Zaproponowane zależności umożliwiają analizę rozwoju tekstury krystalograficznej oraz reorientacji substruktury lamelarniej i wyznaczanie właściwości mechanicznych polikryształu, m.in. stałych sprężystości (anizotropii sprężystej) oraz początkowej powierzchni plastyczności. Zastosowano je między innymi do modelowania właściwości mechanicznych związku międzymetalicznego TiAl.
3. Autorka zaproponowała nową procedurę przejścia mikro-makro dla sprężysto-lepkoplastycznego modelu materiału, którą zamieszczono w rozdziale szóstym. Bazuje ona na rozwiązaniu Eshelby'ego dla sztywnej inkluzji. Zamiast klasycznego schematu przyrostowego (jednoczesnego rozwiązywania zagadnienia sprężysto-lepkoplastycznego) zastosowano podejście sekwencyjne polegające na rozwiązywaniu na przemian sprężystego i lepkoplastycznego zagadnienia reakcji pomiędzy wtrąceniem i osnową oraz odpowiedniego ich powiązania. Przedstawione w pracy podejście ma zastosowanie w modelowaniu właściwości mechanicznych materiałów polikrystalicznych i kompozytów ceramiczno-metalowych.
4. Za oryginalne uważam opracowane przez Kandydatkę metody wyznaczania właściwości makroskopowych polikryształów opisanych zarówno liniowymi, jak i nieliniowymi prawami konstytutywnymi, przedstawione w rozdziałach czwartym i piątym. Uwzględniają one więzy nałożone na odkształcenia kryształu na poziomie lokalnym, wynikające z niespełnienia warunku Taylora, jednokierunkowości mechanizmu bliźniakowania oraz występowania struktury lamelarniej.
5. Do osiągnięć Kandydatki należy zaliczyć także przedstawione w trzecim rozdziale wzory analityczne służące do wyznaczania właściwości makroskopowych polikryształów o różnej orientacji sieci krystalograficznych ziaren, opisanych liniowymi prawami

konstytutywnymi (tensorem czwartego rzędu typu Hooke'a). W zależnościach pozwalających na obliczenie modułów sztywności oraz naprężeń płynięcia dla pełzania wykorzystano niezmienniki tensora IV rzędu.

Oceniana rozprawa charakteryzuje się bardzo dobrym poziomem merytorycznym. W zasadzie nie ma istotnych kwestii wymagających wyjaśnienia, szczególnie biorąc pod uwagę dostępne w literaturze rozwiązania. Uwagi dyskusyjne mogłyby dotyczyć dalszego rozwoju zaproponowanych modeli obliczeniowych lub nowych kierunków badawczych Habilitantki i zostaną w mojej opinii pominięte.

Rozprawę charakteryzuje także wysoki poziom redakcyjny. Spośród nielicznych krytycznych uwag redakcyjnych chciałbym poniżej wymienić niektóre z nich.

1. Dobrym uzupełnieniem rozprawy byłby spis ważniejszych oznaczeń, szczególnie ze względu na szeroki zakres i dużą objętość pracy. Zamieszczone w podrozdziale 1.3 przyjęte zasady oznaczania, wykaz skrótów oraz elementy rachunku tensorowego, moim zdaniem, są niewystarczające.
2. Uważam, że naprężenia równoważne lepiej nazywać nazwiskiem Hubera i von Misesa, niż tylko von Misesa – w żadnym wypadku nie należy zapominać o osiągnięciach polskich badaczy.
3. Nie na wszystkich wykresach oznaczono osie (np. brak opisu osi na rys. 2., 2.31, 5.5).

I.3. Podsumowanie

Uważam, że rozprawa habilitacyjna dr inż. Katarzyny Kowalczyk-Gajewskiej reprezentuje bardzo dobry poziom merytoryczny. Autorka w jasny sposób sformułowała cel badań naukowych, który w moim przekonaniu, osiągnęła. W pracy przedstawiono oryginalne rozwiązanie problemu modelowania wielkoskalowego (dwu-: mikro-makro lub trójskalowego: mikro-mezo-makro) materiałów polikrystalicznych o wysokiej wytrzymałości właściwej, takich jak stopy magnezu, cyrkonu i tytanu oraz związki międzymetaliczne, zawierające składniki metalowe (np. Ti-Al, czy też Fe-Al). Świadczy to o dużej wiedzy Habilitantki w zakresie mikromechanicznego modelowania materiałów, zaawansowanych metod matematycznych i numerycznych, ale także i inżynierii materiałowej.

Należy podkreślić to, że wyniki zamieszczone w rozprawie zostały w dużej mierze opublikowane w postaci artykułów w uznanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym. Także w tych czasopismach przeszły one cały proces opiniowania przez uznanych specjalistów z tego zakresu.

Uważam, że przedstawione w opiniowanej rozprawie habilitacyjnej wyniki badań wnoszą istotny wkład do rozwoju *mechaniki*, a w szczególności *mechaniki materiałów*, w części dotyczącej wieloskalowego modelowania zachowania się polikryształów o wysokiej wytrzymałości właściwej.

II. Ocena dorobku naukowego

Dr inż. Katarzyna Kowalczyk - Gajewska pracuje w Instytucie Podstawowych Problemów Techniki PAN od 2001 roku, najpierw na stanowisku adiunkta, a od 2010 roku - asystenta. Początkowo była zatrudniona w Zakładzie Teorii Ośrodków Ciągłych, a od 2004 r. w Zakładzie Mechaniki Materiału. Pracę doktorską pt. *Ewolucja anizotropii plastycznej silnie deformowanych metali* obroniła w IPPT PAN w 2001 roku, będąc słuchaczką prowadzonych tam studiów doktoranckich. Uzyskała stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie *mechanika*, a rozprawa została przez Radę Naukową IPPT PAN wyróżniona.

Dorobek naukowy Habilitantki przed uzyskaniem stopnia doktora to 3 artykuły w czasopismach recenzowanych oraz 4 referaty opublikowane w materiałach konferencyjnych. Jej dorobek publikacyjny po uzyskaniu stopnia naukowego doktora można natomiast uznać za wyróżniający się. Składają się na niego:

- 2 monografie (w tym jedna samodzielna – rozprawa habilitacyjna);
- 12 artykułów w czasopismach z tzw. „listy filadelfijskiej” (w tym 2 samodzielne);
- 7 artykułów w czasopismach recenzowanych spoza tej listy (wszystkie współautorskie);
- 8 referatów opublikowanych w materiałach konferencji międzynarodowych (wszystkie współautorskie);
- 3 referaty opublikowane w materiałach konferencji krajowych (wszystkie współautorskie);
- streszczenia referatów w materiałach konferencyjnych (w dokumentacji wskazano 10 wybranych – nie będą one uwzględniane w ocenie dorobku).

Spośród oryginalnych prac twórczych dr inż. Katarzyny Kowalczyk - Gajewskiej należy wymienić te, które zostały opublikowane w uznanych czasopismach z tzw. „listy filadelfijskiej”: *International Journal of Plasticity*, *European Journal of Mechanics - A/Solids*, *Journal de Physique IV France*, *Archive of Mechanics* (6 prac) oraz *Archives of Metallurgy and Materials* (3 prace). Pozostałe artykuły ukazały się w czasopismach: *Engineering Transactions*, *Theoretical and Applied Mechanics*, *Czasopismo Techniczne* (2 prace), *Rudy i Metale Nieżelazne*, *Przegląd Mechaniczny* oraz *Informatyka w Technologii Materiałów*.

Należy zwrócić uwagę na fakt udziału Habilitantki w renomowanych konferencjach międzynarodowych z zakresu mechaniki, wśród których należy wymienić:

- 9th, 10th, 12th International Symposium on Plasticity and its Current Applications (Aruba 2002, Quebec City 2003, Halifax 2006 – referat kluczowy);
- 21st International Congress of Theoretical and Applied Mechanics (Warsaw 2004);
- 8th ESAFORM Conference of Material Forming (Cluj-Napoca, 2005);
- 6th European Mechanics of Materials Conference on Non-linear Mechanics of Anisotropic Materials (Liege 2002);
- Solid Mechanics Conference SolMech (Warszawa 2010 – referat kluczowy).

Należy podkreślić fakt, że prace opublikowane z udziałem dr inż. Katarzyny Kowalczyk - Gajewskiej są uznane i przez to cytowane przez innych autorów. Według bazy Web of Knowledge liczba cytowań prac Jej autorstwa wynosi 79.

Należy dodać, że Habilitantka odbyła w 2007 roku miesięczny, zagraniczny staż naukowy w Office Nationale d'Etudes et de Recherches Aerospatiales (ONERA) w Chatillon (Francja).

Główne kierunki badań Kandydatki, przedstawianych w publikacjach można zawrzeć w następujących punktach:

1. modelowanie ewolucji makroskopowej powierzchni plastyczności metali i stopów wywołanej zmianami tekstury krystalograficznej materiału (uwzględnienie zarówno poślizgu, jak i mikropasm ścinania w kryształach);
2. opis anizotropii właściwości mechanicznych materiału z wykorzystaniem nowoczesnych narzędzi rachunku tensorowego;
3. modelowanie mikromechaniczne deformacji plastycznej ziarna przez poślizg i bliźniakowanie w przypadku polikryształów o niskiej symetrii sieci i niewystarczającej liczbie systemów poślizgu;
4. analiza schematów przejścia mikro-makro dla polikryształów, ze szczególnym uwzględnieniem modelu wewnętrznie zgodnego (self-consistent);
5. wieloskalowe (trójskalowe: mikro-mezo-makro) modelowanie polikryształów o strukturze lamelarniej.

Wszystkie wymienione kierunki badawcze znalazły odzwierciedlenie w rozprawie habilitacyjnej oraz w wymienionych wcześniej publikacjach.

Podsumowując ocenę dorobku naukowego Habilitantki należy stwierdzić, że dorobek ten, w mojej opinii, spełnia z nadwyżką wymagania stawiane przy nadawaniu stopnia naukowego doktora habilitowanego. Szczególnie dotyczy to dorobku publikacyjnego (autorstwo lub współautorstwo 12 prac w cenionych czasopismach z tzw. „listy filadelfijskiej” i 2 monografii w wydawnictwach krajowych), który jest doceniany przez innych badaczy (79 cytowań według Web of Knowledge) oraz prezentacji wyników w postaci referatów na uznanych konferencjach naukowych, w tym 2 referatów zaproszonych.

III. Ocena dorobku dydaktycznego i organizacyjnego

Dorobek dydaktyczny dr inż. Katarzyny Kowalczyk – Gajewskiej jest znacznie skromniejszy niż dorobek naukowy i związany jest z kształceniem studentów w Politechnice Warszawskiej (na Wydziale Inżynierii Lądowej oraz na Wydziale Inżynierii Produkcji), a także doktorantów w Instytucie Podstawowych Problemów Techniki PAN w Warszawie. Zasadnicze Jej osiągnięcia dotyczą prowadzenia zajęć dydaktycznych (wykładów, ćwiczeń i zajęć laboratoryjnych) z przedmiotów: *teoria sprężystości i plastyczności, podstawy rachunku tensorowego, mechanika ośrodków ciągłych, mechanika ośrodków niesprężystych*. Należy wspomnieć również o zaproszonych pojedynczych wykładach w Politechnice Krakowskiej i na Uniwersytecie w Michigan, a także w CISM Udine.

Ważne miejsce w **dorobku organizacyjnym** Kandydatki zajmuje członkostwo od 2007 roku w Komitecie Redakcyjnym czasopisma *Rozprawy Inżynierskie (Engineering Transactions)* oraz w Komisji ds. Gromadzenia Zbiorów Bibliotecznych IPPT PAN. Od 2003 roku jest Ona członkiem Sekcji Mechaniki Materiałów Komitetu Mechaniki PAN, a w latach 2003-2006 uczestniczyła także w pracach Sekcji Mechaniki Konstrukcji i Materiałów Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN.

Dr inż. Katarzyna Kowalczyk - Gajewska była kierownikiem 2 projektów badawczych MNiSW (dawniej KBN): projektu młodego badacza pt. *Opis anizotropii plastycznej silnie deformowanych metali* (1998-1999) oraz projektu habilitacyjnego pt. *Mikromechaniczny model polikryształów metali i stopów o wysokiej wytrzymałości właściwej – opracowanie sekwencyjnego przejścia mikro-makro ze sprzężeniem mechanizmów deformacji plastycznej*

(2008-2011). Ponadto była Ona wykonawcą 7 kolejnych projektów badawczych, w tym 4 grantów MNiSW/KBN (2 zamawianych), projektu *KomCerMet* w ramach Programu Operacyjnego *Innowacyjna Gospodarka*, a także 2 projektów międzynarodowych: w ramach Sieci Doskonałości *KMM-NoE* (6PR UE) oraz *Matrans* (7PR UE).

Za osiągnięcia w pracy naukowej Habilitantka była wyróżniona II Nagrodą Komitetu Mechaniki PAN w 2002 roku oraz nagrodą zespołową Rektora Politechniki Warszawskiej w 2004 roku.

IV. Ocena końcowa

Podsumowując ocenę rozprawy habilitacyjnej i dorobku naukowego dr inż. Katarzyny Kowalczyk - Gajewskiej, stwierdzam, że:

1. przedstawiona rozprawa habilitacyjna zawiera istotny oryginalny wkład do dyscypliny *mechanika*, a w szczególności do *mechaniki materiałów*, w części dotyczącej metod mikromechanicznego modelowania właściwości i zachowania się materiałów o wysokiej wytrzymałości właściwej, takich jak stopy magnezu, cyrkonu i tytanu oraz związki międzymetaliczne (Ti-Al, Fe-Al);
2. Autorka wykazała się biegłą znajomością zaawansowanych metod modelowania matematycznego i numerycznego, niezbędnych w modelowaniu wielkoskalowym materiałów polikrystalicznych;
3. Habilitantka ma znaczący dorobek naukowy, w dużej mierze opublikowany w uznanych czasopiśmie naukowych o zasięgu światowym (takich jak *International Journal of Plasticity*, *European Journal of Mechanics A/Solids*, *Journal de Physique IV France*, *Archives of Metallurgy and Materials* oraz *Archives of Mechanics*) oraz prezentowany na renomowanych konferencjach międzynarodowych.

Stwierdzam, że zarówno rozprawa habilitacyjna, jak i dotychczasowy dorobek dr inż. Katarzyny Kowalczyk - Gajewskiej z nadwyżką spełniają wymagania stawiane przez Ustawę o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach naukowych i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 r. Biorąc pod uwagę wysoki stopień trudności przeprowadzonych badań, istotne osiągnięcia przedstawione w rozprawie oraz znaczący dorobek publikacyjny, stawiam wniosek o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie Kandydatki do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.

