

Warszawa, 11.03.2016

# AUTOREFERAT

**Dr hab. Jerzy Rojek, prof. IPPT**

Instytut Podstawowych Problemów Techniki  
Polskiej Akademii Nauk

## Spis treści

<b>PRZEBIEG PRACY NAUKOWO-BADAWCZEJ</b>	<b>2</b>
<b>OSIĄGNIĘCIA NAUKOWE</b>	<b>5</b>
Okres przed habilitacją . . . . .	5
Rozprawa habilitacyjna . . . . .	9
Okres po habilitacji . . . . .	10
Statystyka publikacji . . . . .	13
Dane bibliometryczne . . . . .	14
<b>OSIĄGNIĘCIA W ZAKRESIE OPIEKI NAUKOWEJ I KSZTAŁCENIA MŁODEJ KADRY</b>	<b>14</b>
Wykłady i seminaria naukowe w ramach studiów doktoranckich . . . . .	14
Wykłady zaproszone . . . . .	15
Zakończone przewody doktorskie z funkcją promotora . . . . .	16
Otwarte przewody doktorskie z funkcją promotora . . . . .	16
Opieka naukowa nad doktorantami . . . . .	16
Sporządzone recenzje w przewodach doktorskich i habilitacyjnych . . . . .	17
<b>DZIAŁALNOŚĆ POPULARYZUJĄCA NAUKĘ</b>	<b>18</b>
<b>LISTA PUBLIKACJI</b>	<b>19</b>
<b>LISTA PROJEKTÓW I GRANTÓW</b>	<b>27</b>

## PRZEBIEG PRACY NAUKOWO-BADAWCZEJ

W latach 1979–1985 studiowałem na Wydziale Mechanicznym Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej na specjalności mechanika stosowana. Moim opiekunem naukowym był profesor Zbigniew Brzoska kierujący Zakładem Wytrzymałości Materiałów i Konstrukcji. Pracę magisterską *Nieliniowa analiza powłok metodą różnic skończonych* przygotowałem w pod kierunkiem doktora Janisława Zwolińskiego.

W latach 1985-90 pracowałem w Ośrodku Metod Inżynierskich Zakładów Mechanicznych “Ursus” na stanowiskach: konstruktora, starszego konstruktora i specjalisty. Zajmowałem się obliczeniami wytrzymałościowymi elementów konstrukcji ciągnika oraz wdrażaniem systemów CAD. Jednym z rozpatrywanych zagadnień było projektowanie kabiny ciągnika spełniającej wymogi bezpieczeństwa w zakresie zabezpieczenia kierowcy przed zranieniem lub śmiercią w przypadku wywrotki ciągnika. W celu opracowania zaawansowanych nieliniowych modeli MES do analizy kabin nawiązałem współpracę z profesorem Michałem Kleiberem z Instytutu Podstawowych Problemów Techniki PAN. Pod jego kierunkiem oraz z pomocą doktora Włodzimierza Sosnowskiego rozpocząłem rozwijanie własnego programu MES do analizy nieliniowej konstrukcji ramowo-powłokowych [31], [P1,P2]. Pracując w ZM “Ursus” rozpocząłem przygotowywanie rozprawy doktorskiej poświęconej statycznej i dynamicznej analizie nieliniowej konstrukcji ramowo-powłokowych z zastosowaniem do kabin ochronnych ciągników.

Aby mieć szersze możliwości prowadzenia pracy naukowej w roku 1990 przeszedłem do Instytutu Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk na stanowisko starszego asystenta w pracowni kierowanej przez profesora Michała Kleibera. W IPPT PAN kontynuowałem pracę nad doktoratem. Zakres tematyczny przygotowywanej rozprawy został rozszerzony o modelowanie układów sprzężonych sztywno-odkształcalnych, co stało się głównym przedmiotem mojego doktoratu. Opracowałem odpowiedni algorytm numeryczny i implementowałem go we własnym programie komputerowym.

Rozwijany program numeryczny został wykorzystany przeze mnie do analizy zniszczenia masztu radiowego w Gąbinie o wysokości 646 m. Analiza przyczyn awarii masztu w 1991 r. została przeprowadzona na zlecenie komisji powołanej przez Ministerstwo Łączności i kierowanej przez profesora Witolda Gutkowskiego [P3,P4].

W roku 1992 ukończyłem i obroniłem pracę doktorską pod tytułem *Numeryczna analiza nieliniowych zagadnień mechaniki konstrukcji złożonych z części odkształcalnych i sztywnych: zastosowanie do analizy kabin ciągników*, której promotorem był profesor Michał Kleiber.

Po obronie pracy doktorskiej w styczniu 1993 r. wyjechałem na staż naukowy do International Center for Numerical Methods in Engineering (CIMNE) w Politechnice Katalońskiej (Universitat Politècnica de Catalunya) w Barcelonie na zaproszenie profesora Eugenio Oñate. W Barcelonie wszedłem w skład zespołu pracującego nad rozwojem oprogramowania metody elementów skończonych Stampack/Simpact opartego na jawnym całkowaniu równań ruchu w ramach projektu mającego na celu analizę bezpiecznych nadwozi pojazdów [P5], [84]. Po ukończeniu tego projektu zajmowałem się przystosowaniem oprogramowania Stampack/Simpact do symulacji procesów tłoczenia blach [P6], w tym implementacją numerycznego algorytmu analizy zagadnienia kontaktowego, implementacją elementu powłokowego oraz anizotropowego modelu konstytutywnego. W trakcie pobytu w CIMNE realizowałem wiele niestandardowych obliczeń na zlecenie przemysłu. Do ciekawszych prac należały obliczenia systemu połączenia satelity z rakieta na zlecenie CASA (Construcciones Aeronauticas) [P8] oraz opracowanie

systemu do symulacji procesów tłoczenia puszek z automatycznym systemem dekoracji na zlecenie firmy Metalpack [P7]. W trakcie pobytu w CIMNE brałem również udział w realizacji projektów badawczych finansowanych przez Unię Europejską, obejmujących zagadnienia zużycia tłoczników oraz paralelizację programu Stampack [68],[P10].

Po powrocie do Polski w roku 1996 ponownie podjąłem pracę w IPPT PAN, gdzie pracuję do chwili obecnej. W latach 1996-2006 byłem zatrudniony na stanowisku adiunkta, 2006-8 – na stanowisku asystenta, 2008-9 na stanowisku adiunkta, 2009-10 – na stanowisku docenta, a od 2010 r. – na stanowisku profesora nadzwyczajnego. W ramach własnych projektów badawczych oraz dwustronnych umów między IPPT a CIMNE (w latach 1996-2011) kontynuowałem prace nad rozwojem oprogramowania MES z jawnym całkowaniem równań ruchu. W latach 1997-99 byłem kierownikiem grantu KBN pt. *Nowe metody komputerowej symulacji dużych problemów przemysłowych* [P11], w trakcie którego rozszerzyłem algorytm numeryczny o analizę zagadnień sprzężonych termomechanicznych z możliwością jej wykorzystania do symulacji procesów przeróbki plastycznej objętościowej. W ramach współpracy z CIMNE brałem udział w przygotowaniu komercyjnej wersji programu Stampack, który został z dużym powodzeniem wprowadzony na rynek przez firmę Quantech związaną z CIMNE.

Wielokrotne długie pobyty naukowe w CIMNE w Barcelonie w latach 1996-2011 dały mi możliwość współpracy i realizacji wspólnych prac badawczych z wybitnymi naukowcami, wśród których pragnę wymienić profesora Olgierda C. Zienkiewicza, profesora Roberta L. Taylora, profesora Eugenio Oñate i profesora Carlosa Ageleta de Saracibar. Profesor Olgierd C. Zienkiewicz zainteresował mnie zagadnieniem stabilizacji sformułowania mieszanego elementów skończonych i zaprosił do współpracy w badaniach poświęconych tej tematyce [4].

Począwszy od roku 1997 brałem udział jako wykonawca w kilku grantach KBN z dziedziny biomechaniki kierowanych przez profesora Józefa Joachima Telegę [P12,P13,P14]. Zajmowałem się modelowaniem i symulacją komputerową zagadnień kontaktowych w stawach biodrowych i kolanowych po endoprotezoplastyce przy obciążeniach statycznych i zmiennych. Po śmierci profesora Joachima Telegi w styczniu 2005 roku przejąłem kierownictwo rozpoczętego grantu [P14], w którym badano m.in. wpływ produktów zużycia na osłabienie stabilności protezy, obłuzowanie spowodowane obciążeniem cyklicznym oraz efekty termiczne przy polimeryzacji cementu kostnego.

Równocześnie kontynuowałem pracę nad rozwojem modeli procesów kształtowania blach. W ramach projektu finansowanego przez UE opracowałem model blachy pokrytej polimerem [P17]. Przez kilka lat we współpracy z profesorem Antonim Pielą z Politechniki Śląskiej zajmowałem się modelowaniem i numeryczną symulacją blach spawanych laserowo (TWB - ang. tailor welded blanks). W latach 2006-8 byłem kierownikiem zespołu w projekcie SIM-TWB [P19], finansowanym przez UE, poświęconym efektywnemu i dokładnemu modelowaniu kształtowania blach spawanych laserowo. We współpracy z profesorem Michałem Kleiberem, doktorem Rafałem Stockim i doktorem Jarosławem Knablem zajmowałem się zastosowaniem metod analizy niezawodności w symulacji tłoczenia blach. Metody analizy probabilistycznej wykorzystałem również w ramach projektu europejskiego Prohipp (2004–8) [P18], w którym byłem kierownikiem zespołu IPPT PAN. We współpracy z profesorem Hieronimem Jakubczakiem z Politechniki Warszawskiej oraz doktorem Jarosławem Knablem zajmowałem się określaniem trwałości zmęczeniowej cylindrów hydraulicznych z uwzględnieniem losowości parametrów materiałowych oraz obciążenia.

W roku 2000 rozpocząłem pracę nad rozwojem metody elementów dyskretnych. Początkowo prowadziłem je w ramach projektu europejskiego poświęconego zużyciu narzędzi do

urabiania skał [P15], a potem również w ramach projektu europejskiego zajmującego się modelowaniem procesu odlewania technologią traconego modelu (ang. lost foam casting) [P16]. W pierwszym projekcie metoda elementów dyskretnych została zastosowana do modelowania skał, a w drugim – do modelowania materiału granularnego. Metoda elementów dyskretnych stała się ważną częścią mojej rozprawy habilitacyjnej.

W 2007 roku w serii Prace IPPT opublikowałem rozprawę habilitacyjną zatytułowaną *Modelowanie i symulacja komputerowa złożonych zagadnień mechaniki nieliniowej metodami elementów skończonych i dyskretnych*. W rozprawie zawarłem moje osiągnięcia z poprzednich kilku lat pracy nad rozwojem algorytmów numerycznych metody elementów skończonych i dyskretnych umożliwiającymi modelowanie złożonych rzeczywistych zagadnień mechaniki. Stopień doktora habilitowanego w dyscyplinie mechanika został mi przyznany przez Radę Naukową IPPT PAN 2.10.2008 r.

Po habilitacji kontynuowałem badania nad rozwojem metody elementów skończonych i elementów dyskretnych poszerzając ich możliwości, opracowując nowe algorytmy numeryczne oraz modele do analizy nowych zagadnień. Współpracując z CIMNE rozwijałem trójwymiarowy algorytm metody elementów dyskretnych oraz hybrydowej metody łączącej metodę elementów dyskretnych i skończonych do modelowania urabiania skał. W ramach tej pracy opiekowałem się jako kopromotor (promotorem był prof. Eugenio Oñate) doktorantem Carlosem Labrą. Swoją rozprawę doktorską “Advances in the development of the discrete element method for excavation processes” Carlos Labra obronił w Universitat Politècnica de Catalunya - BarcelonaTech dnia 19.07.2012. Praca ta częściowo była wykonywana w ramach projektu europejskiego Tunconstruct (okres realizacji 2005-2009) [P20].

Udział w realizacji projektu Tunconstruct zapoczątkował współpracę z Uniwersytetem Technicznym w Grazu (TU Graz, Austria). Współpraca ta była kontynuowana w ramach projektu Translational Brainpower finansowanego przez FWF (Austriacką Fundację Nauki) [P23]. W latach 2009-12 przebywałem w TU Graz w sumie około 8 miesięcy jako profesor wizytujący. Współpracując z grupą prof. Gernota Beera zajmowałem się integracją metody elementów dyskretnych z metodami elementów brzegowych i skończonych.

W ramach realizowanego w IPPT PAN projektu POIG Komcermet (2008-13) [P21] zainicjowałem badania nad modelowaniem procesów metalurgii proszków za pomocą metody elementów dyskretnych. W ramach tych prac mgr. Szymon Nosewicz przygotował pod moim kierunkiem (jako promotora) rozprawę doktorską “Discrete element modeling of powder metallurgy processes”, która została obroniona w IPPT PAN dnia 5.02.2016 r.

W ramach realizacji projektu POIG Numpress (2009-13) [P22] kontynuowałem swoje prace nad rozwojem modeli numerycznych tłoczenia blach. Szczególnym przedmiotem badań była tłoczność blach przy złożonych ścieżkach odkształcenia. Zagadnienie to jest przedmiotem rozprawy doktorskiej mgr. Dmytro Lumelskiego przygotowywanej pod moim kierunkiem. Przewód doktorski mgr. D. Lumelskiego został wszczęty w IPPT PAN dnia 25.06.2015 r.

Od 2011 r. kieruję pracami badawczymi Pracowni Metod Obliczeniowych Mechaniki Nieliniowej jako jej kierownik. Pracownia obecnie liczy 6 pracowników (1 profesor zwyczajny, 1 profesor nadzwyczajny, 2 doktorów, 3 doktorantów). Obecnie główne kierunki moich badań są następujące:

- zależności mikro-makro w wieloskalowym modelowaniu materiałów z wykorzystaniem metody elementów dyskretnych, szczególnie w wieloskalowym modelowaniu spiekania proszków (jestem kierownikiem projektu NCN OPUS: MUSINT – Wieloskalowe numeryczne modelowanie procesów spiekania, okres realizacji: 2014–2017) [P27]

- modelowanie przepływów mieszanin płynu i cząstek stałych reprezentowanych za pomocą metody elementów dyskretnych (w ramach realizacji projektu NCBiR CuBR „Innowacyjna technologia przygotowania rudy miedzi do flotacji z wykorzystaniem wysokoenergetycznych technik rozdrabniania”, okres realizacji 2015-18) [P26]
- modelowanie metodą elementów dyskretnych rozdrabniania surowców skalnych (w ramach realizacji ww. projektu NCBiR CuBR) [P26]
- numeryczne badanie tłoczności blach przy złożonych ścieżkach odkształcenia (opieka nad przygotowywaniem rozprawy doktorskiej mgr. D. Lumelskiego)

## OSIĄGNIĘCIA NAUKOWE

### *Rozwijanie metod i algorytmów numerycznych*

Moje dokonania naukowe zostały osiągnięte prawie całkowicie przy wykorzystaniu własnych lub współtworzonych przeze mnie programów numerycznych, w których implementowałem zaawansowane algorytmy numeryczne. Większość moich prac, zarówno przed jak i po habilitacji, jest poświęcona rozwojowi metod i algorytmów numerycznych wykorzystujących jawne (ang. explicit) całkowanie równań ruchu względem czasu. Jawny schemat całkowania jest wspólny dla rozwijanego sformułowania metody elementów skończonych, prezentowanego np. w [4, 3, 5, 14] oraz metody elementów dyskretnych [9, 12]. Algorytm jawnego całkowania zapewnia efektywne rozwiązanie dużych zagadnień, dlatego jest chętnie stosowany w analizie złożonych zagadnień przemysłowych, takich jak np. problemy tłoczenia blach, urabianie i rozdrabnianie skał. Moje algorytmy implementowałem w programach Simpack/Stampack oraz Dempack rozwijanych w International Center for Numerical Methods in Engineering (CIMNE) w Barcelonie. Obecnie rozwijam już własne wersje tych programów.

Najważniejsze osiągnięcia: Współdział w stworzeniu oprogramowania metody elementów skończonych opartego na jawnym całkowaniu równań ruchu o dużych możliwościach analizy rzeczywistych zagadnień inżynierskich [3, 5]. Opracowanie i implementacja niestandardowych algorytmów [4, 14]. Implementacja algorytmu metody elementów dyskretnych w programie MES umożliwiającą sprzężenie obydwu metod [9, 12].

Pozostałe osiągnięcia naukowe zostaną przedstawione według tematyki badań naukowych z podziałem na okres przed i po habilitacji.

### ***Okres przed habilitacją***

#### *Modelowanie układów złożonych z części sztywnych i odkształcalnych*

Analiza układów złożonych z części sztywnych i odkształcalnych była przedmiotem mojej pracy doktorskiej. Opracowany model zastosowałem do analizy wytrzymałości kabin ochronnych ciągnika poddanych obciążeniu dynamicznemu. Kabina ciągnika była traktowana jako układ ramowo-powłokowy odkształcający się sprężysto-plastycznie. Podobny model rozwijałem w CIMNE do analizy nadwozi pojazdów poddanych obciążeniu uderzeniowemu. Doświadczenia zdobyte w tych badaniach były bardzo przydatne w pracy nad sformułowaniem metody

elementów dyskretnych, w której stosuje się również model stanowiący układ ciał sztywnych połączonych podatnymi elementami w punktach kontaktu.

Najważniejsze osiągnięcia: Najważniejsze wyniki zostały opublikowane w artykułach [32, 33].

### *Modelowanie i symulacja procesów tłoczenia blach*

Modelowaniem i symulacją procesów tłoczenia zająłem się w czasie pobytu w Barcelonie w latach 1993-96. Moim zadaniem było przystosowanie programu Simpack, którego pierwotnym przeznaczeniem była symulacja nadwozi pojazdów poddanych obciążeniom uderzeniowym, do symulacji procesów tłoczenia blach. W ten sposób powstał program do tłoczenia blach Stampack. Moje pierwsze wyniki zostały zamieszczone w [1, 2]. Interesującym i oryginalnym osiągnięciem praktycznym było stworzenie algorytmu i oprogramowania umożliwiającego automatyczne projektowanie dekoracji tłoczonych puszek na podstawie symulacji procesu tłoczenia [85]. Na podstawie wyników symulacji zastosowano odkształcenie odwrotne końcowego obrazu w celu uzyskania obrazu na blasze przed tłoczeniem. Opracowany program został wdrożony w firmie METALPACK [P7]. Do modelowania blachy w programie Stampack stosowany był oryginalny element powłokowy bez obrotowych stopni swobody. Implementację tego elementu przedstawiono w [77, 78].

Analizą sprężynowania powrotnego zajmowałem się w pracach [67, 34, 40]. Weryfikację sprężynowania powrotnego na podstawie testów zdefiniowanych przez firmę Renault [P9] pokazano w [79]. W pracy tej przedstawiony został również opracowany przeze mnie algorytm do symulacji operacji okrawania i wycinania otworów w częściach tłoczonych, umożliwiający uwzględnienie tych zabiegów w symulacji wieloetapowych procesów kształtowania blach. Rozwój sformułowania teoretycznego elementu skończonego do modelowania tłoczonych blach przedstawiono w [71].

W latach 2004-6 zajmowałem się w ramach projektu POLYCOAT [P17] modelowaniem kształtowania blach pokrytych polimerem, stosowanych do produkcji opakowań (puszek) produktów spożywczych. W celu rozwiązania tego zagadnienia zastosowałem model laminatu, w którym występuje podłoże stalowe oraz pokrycie z polimeru. Do modelowania polimeru implementowałem modele Arrudy-Boyce oraz model ściśliwy Leonova. Wybrane wyniki zostały przedstawione w [45].

W latach 2002-3 we współpracy z prof. Antonim Pielą z Politechniki Śląskiej opracowałem model do symulacji blach spawanych laserowo (TWB - ang. tailor welded blanks). Wyniki prac zostały przedstawione m.in. w [7, 80, 81, 62]. Model ten został wykorzystany w projekcie europejskim SIM-TWB (okres realizacji 2006-8) [P19], w którym byłem kierownikiem zespołu IPPT PAN.

Najważniejsze osiągnięcia: Implementacja algorytmów numerycznych i opracowanie modeli MES umożliwiających efektywną analizę procesów tłoczenia blach [2, 3]. Pomyślna weryfikacja wyników numerycznych za pomocą wyników doświadczalnych m.in. otrzymanych z firmy Renault oraz wyników prób zdefiniowanych na konferencjach Numisheet. Opracowanie modeli do analizy kształtowania złożonych materiałów: blach pokrytych polimerem [45] i blach spawanych laserowo [7].

### *Sformułowanie metody elementów skończonych do zagadnień z nieściśliwością*

Do zajęcia się specjalnym sformułowaniem metody elementów skończonych do analizy zagadnień z nieściśliwością zostałem zachęcony przez profesora Olgierda C. Zienkiewicza, który zaproponował adaptację algorytmu CBS (ang. characteristics based split) rozwiniętego w ramach mechaniki płynów do zagadnień mechaniki ciała stałego. W pracy nad tym zagadnieniem współpracowałem również z profesorem Robertem L. Taylorem.

Standardowe elementy skończone oparte na sformułowaniu przemieszczeniowym MES ulegają blokadzie objętościowej (ang. volumetric locking), a elementy oparte na sformułowaniu mieszanym z interpolacją ciśnienia tego samego stopnia co przemieszczenie dają niestabilne rozwiązanie dla ciśnienia. Opracowany przez mnie i implementowany w programie Stampack algorytm numeryczny pozwolił uzyskać poprawnie działające liniowe elementy trójkątne i czworościenne [4]. Wykorzystanie sformułowania CBS do modelowania objętościowej przeróbki plastycznej zostało opisane w pracach [5, 69, 39].

Wspólnie z prof. Eugenio Oñate, prof. Robertem L. Taylorem i prof. Olgierdem Zienkiewiczem pracowałem nad alternatywnym stabilnym sformułowaniem MES do zagadnienia z nieściśliwością. Sformułowanie to opiera się na koncepcji nazwanej FIC (ang. Finite Calculus), w której wykorzystuje się człony wyższego rzędu przy wyprowadzaniu równań zachowania pędu i masy. Wyniki tych prac są przedstawione w [10, 8, 70, 13]. Porównanie wyników uzyskanych obydwiema metodami, FIC i CBS, przedstawiłem w [14].

Najważniejsze osiągnięcia: Sformułowanie i implementacja algorytmów pozwalających uzyskać liniowe elementy trójkątne i czworościenne poprawnie działające w zagadnieniach z małą ściśliwością [4, 10, 8, 70, 13, 14] – artykuły te są wielokrotnie cytowane, np. praca [4] ma 96 cytowań w Web of Science (jest to moja najbardziej cytowana publikacja).

### *Zagadnienia kontaktowe w biomechanice*

Jako wykonawca w trzech grantach KBN kierowanych przez prof. Józefa Joachima Telegę [P12, P13, P14] zajmowałem się zagadnieniami kontaktowymi w stawach po endoprotezoplastyce. We współpracy z prof. J.J. Telegą i dr. S. Stupkiewiczem opracowałem model opisujący zagadnienia kontaktowe w stawach po endoprotezoplastyce z uwzględnieniem tarcia i adhezji na powierzchniach styku kość–implant, kość–cement i cement–implant. Algorytm numeryczny implementowałem w programie Stampack/Simpact. Model ten zastosowałem do analizy obłuzowania w stawach biodrowych i kolanowych po endoprotezoplastyce. Wyniki prac zostały przedstawione w [35, 36, 37, 38]. W pracy [38] został zaproponowany model opisujący zagadnienia kontaktowe z tarciami i dyfuzją produktów zużycia powodującej osłabienie zamocowania endoprotezy. Cytowane prace przedstawiają zaawansowany model oddziaływania kontaktowego pozwalający na bardziej realistyczne uwzględnienie zachodzących zjawisk prowadzących do obłuzowania implantów. Modele kontaktu z kohezją stanowiły podstawę do rozwijania podobnych sformułowań w metodzie elementów dyskretnych.

Najważniejsze osiągnięcie: Sformułowanie i implementacja modelu kontaktu z uwzględnieniem efektów spójności (adhezji/kohezji) i jej utraty oraz tarcia i zużycia [35, 37, 38]. Praca [37] ma 23 cytowania w Web of Science.

### *Analiza probabilistyczna*

Połączenie metod analizy niezawodnościowej rozwiniętych przez prof. Michała Kleibera, dr. Rafała Stockiego i dr. Jarosława Knabla z opracowanym przeze mnie modelem tłoczenia pozwoliło na analizę probabilistyczną procesu tłoczenia. Została uwzględniona losowość parametrów materiałowych oraz zmiennych charakteryzujących proces tłoczenia blach. Wykorzystanie krzywej odkształceń granicznych (zwanej również graniczną krzywą tłoczności) jako krzywej granicznej w analizie niezawodnościowej pozwoliło określić prawdopodobieństwo pęknięcia blachy w trakcie tłoczenia [6, 11, 44].

W projekcie europejskim PROHIPP [P18] metoda analizy niezawodnościowej została zastosowana do analizy zmęczeniowej cylindrów hydraulicznych. Krzywa S-N została przyjęta jako krzywa graniczna. Wyniki tych prac są przedstawione w artykułach [46, 47, 15].

Najważniejsze osiągnięcia: Opracowanie metody numerycznej oceny tłoczności blach z uwzględnieniem losowości parametrów procesu [6, 11] (artykuły te mają odpowiednio 39 i 22 cytowania w Web of Science).

### *Modelowanie materiałów granularnych i skał metodą elementów dyskretnych*

Udział w europejskim projekcie badawczym Cutter [P15] w latach 2000–2003 zrodził potrzebę podjęcia prac nad rozwojem i implementacją algorytmu metody elementów dyskretnych. Znakomicie nadaje się ona do modelowania zagadnień z nieciągłościami, niemożliwych lub bardzo trudnych do analizy metodami opartymi na modelu ośrodka ciągłego, takimi jak metoda elementów skończonych. Opracowałem i implementowałem w programie Stampack/Simpact niestandardowy algorytm metody elementów dyskretnych umożliwiający analizę termomechaniczną oraz zawierający model oddziaływania kontaktowego z uwzględnieniem zużycia. Rozwinięty program numeryczny umożliwił symulację procesu urabiania skał z analizą zużycia narzędzi urabiających. Wyniki tych prac zostały przedstawione w [9, 82, 48].

W nieco później rozpoczętym europejskim projekcie Foamcast [P16] rozpatrywane było zagadnienie wytwarzania formy piaskowej w procesie odlewania technologią traconego modelu. Opracowałem model numeryczny tego złożonego zagadnienia, w którym metoda elementów dyskretnych została wykorzystana do modelowania luźnego piasku. Wyniki tej pracy zostały opublikowane w [12, 42, 43].

Rozwój i eksperymentalną weryfikację metody elementów dyskretnych kontynuowałem w ramach prac w projekcie europejskim Tunconstruct [P20]. Sformułowanie metody elementów dyskretnych i wyniki uzyskane za jej pomocą stanowiły ważną część mojej rozprawy habilitacyjnej [63].

Najważniejsze osiągnięcia: Opracowanie i implementacja algorytmu metody elementów dyskretnych. Opracowanie w ramach metody elementów dyskretnych modelu materiału skalnego (skały zwięzłej) [9, 82] oraz modelu materiału sypkiego [12]. Opracowanie metody kalibracji modelu materiału sypkiego na podstawie symulacji próby wyznaczenia kąta naturalnego usypu [12]. Zastosowanie metody elementów dyskretnych do symulacji procesu urabiania skał [9]. Najpełniej osiągnięcia naukowe w tematyce związanej z metodą elementów dyskretnych są przedstawione w rozprawie habilitacyjnej [63].



## *Integracja metody elementów skończonych i metody elementów dyskretnych*

Algorytm numeryczny metody elementów dyskretnych został przez mnie implementowany w programie metody elementów skończonych, co w naturalny sposób stworzyło możliwość jednoczesnego stosowania w analizie obydwu metod numerycznych. Koncepcja łącznego stosowania metod elementów dyskretnych i skończonych została przedstawiona w [83, 9], a również w [12]. To były pionierskie prace, gdyż w owym czasie obie metody były zwykle implementowane w odrębnych programach. Implementacja metody elementów dyskretnych w LS DYNA, znanym programie komercyjnym MES, została np. dokonana w roku 2013. Znaczenie pracy [9] jest potwierdzone dużą liczbą cytowań (84 cytowania w Web of Science).

Połączenie obydwu metod zostało wykorzystane w modelu wytwarzania formy piaskowej w [12]. Metoda elementów dyskretnych została wykorzystana do modelowania piasku, a metoda elementów skończonych – do dyskretyzacji odkształcalnego modelu ze styropianu. Model ten umożliwił efektywną analizę deformacji modelu zasypywanego piaskiem. Hybrydowe modelowanie metodą elementów dyskretnych i skończonych zostało również zastosowane w modelowaniu urabiania skał i innych zagadnieniach geomechaniki [9, 83].

W cytowanych powyżej pracach dwie różne metody były wykorzystywane łącznie do modelowania różnych materiałów. W mojej pracy habilitacyjnej [63] oraz w opartej na niej publikacji [49] rozszerzyłem możliwości hybrydowego modelowania na modele, w których te metody można stosować w różnych podobszarach tego samego ośrodka. Opracowałem kilka alternatywnych algorytmów sprzężenia podobszarów MES i MED. Podobszary MES i MED są dopasowane lub zachodzą na siebie. Sprzęgające więzy kinematyczne są wprowadzone za pomocą metody funkcji kary lub metody mnożników Lagrange’a. Działanie różnych algorytmów zostało zweryfikowane w testach numerycznych badających propagację fal przez złącze. Sprawdzałem czy połączenie nie powoduje niepożądanych odbić fal, które nie występują w modelowanym ośrodku jednorodnym. Dzięki opracowanemu sprzężeniu możliwe jest znaczne zwiększenie efektywności numerycznej modelowania metodą elementów dyskretnych – można ją stosować lokalnie, w miejscach, gdzie spodziewane jest zniszczenie o charakterze nieciągłym, natomiast w podobszarach, w których materiał można uznać za ciągły, znacznie efektywniejsze jest zastosowanie metody elementów skończonych. W ten sposób otrzymuje się model efektywny i dobrze reprezentujący zjawiska fizyczne. Oprócz opisanego sprzężenia metody elementów dyskretnych i skończonych zajmowałem się również integracją metody elementów dyskretnych z metodami obliczeniowymi mechaniki płynów [72].

Najważniejsze osiągnięcia: Opracowanie modelu hybrydowego łączącego metodę elementów dyskretnych i metodę elementów skończonych, które są stosowane do modelowania różnych materiałów rozpatrywanych w danym modelu [9, 12] (artykuły te mają odpowiednio 83 i 13 cytowań w Web of Science). Opracowanie modelu hybrydowego, w którym metodę elementów dyskretnych i metodę elementów skończonych stosuje się do modelowania różnych podobszarów tego samego ośrodka według spodziewanego zachowania się materiału w tych podobszarach [63, 49] (artykuł [49] ma 21 cytowań w Web of Science).

## ***Rozprawa habilitacyjna***

W rozprawie habilitacyjnej zatytułowanej *Modelowanie i symulacja komputerowa złożonych zagadnień mechaniki nieliniowej metodami elementów skończonych i dyskretnych* [63] przedstawiłem jednolite sformułowanie i numeryczną implementację dwóch metod numerycznych, me-

tody elementów skończonych i metody elementów dyskretnych, wykorzystujących dwa różne podejścia w modelowaniu materiałów: modelowanie ciągłe (MES) i modelowanie dyskretne (MED). W pracy pokazałem wszechstronne możliwości obydwu metod, przedstawiając ich wady i zalety oraz podkreślając ogromne korzyści jakie daje integracja tych metod i hybrydowe modelowanie. Część wyników zawartych w pracy była publikowana wcześniej, jednak większa część pracy habilitacyjnej nie była wcześniej publikowana.

Najważniejsze osiągnięcia: Jako najważniejsze elementy oryginalne rozprawy można wymienić:

- Jednolite sformułowanie dwu różnych metod numerycznych:

- metody elementów skończonych,
- metody elementów dyskretnych,

wykorzystujące schemat rozwiązania oparty na jawnym całkowaniu równań ruchu, umożliwiające hybrydowe dyskretno-ciągłe modelowanie zagadnień mechaniki.

- Algorytmy sprzężenia podobszarów dyskretyzowanych elementami skończonymi i reprezentowanych przez elementy dyskretne.
- Sformułowanie i implementacja metody elementów dyskretnych do analizy zagadnień termicznych i termomechanicznych.
- Symulacja rzeczywistych złożonych zagadnień inżynierskich, w tym procesów tłoczenia blach i urabiania skał.

## ***Okres po habilitacji***

### *Modelowanie i symulacja procesów tłoczenia blach*

Po habilitacji kontynuowałem badania nad modelowaniem i symulacją tłoczenia, podsumowując dotychczasowe wyniki i podejmując nowe tematy. Opracowane algorytmy implementowałem w programie Stampack, jak również w nowym programie komputerowym rozwijanym w ramach projektu Numpress [57], [P22]. Podsumowanie prac nad modelowaniem blach spawanych laserowo zawarłem w [17].

Nowym zagadnieniem, którym się zająłem było określanie tłoczności blach przy złożonych ścieżkach odkształcenia. Krzywe odkształceń granicznych, zwane również granicznymi krzywymi tłoczności (GKT, ang. FLC – forming limit curve), stosowane do oceny tłoczności blach, są otrzymywane doświadczalnie lub teoretycznie przy założeniu liniowych (proporcjonalnych) ścieżek odkształcenia. W rzeczywistych procesach kształtowania blach, zwłaszcza w procesach wieloetapowych, mamy do czynienia ze złożonymi (nieliniowymi, nieproporcjonalnymi) ścieżkami odkształcenia. W tym przypadku ocena tłoczności na podstawie standardowych GKT może być zawodna. Zagadnienie oceny tłoczności przy złożonych ścieżkach odkształcenia jest trudne i wciąż stanowi przedmiot badań. Prace nad modelowaniem tłoczenia blach przy złożonych ścieżkach odkształcenia prowadzę wspólnie z doktorantem mgr. Dmytro Lumelskim. Najważniejsze wyniki badań zostały przedstawione w artykułach [23, 19]. W artykule [19] został przedstawiony model symulacji kształtowania blach wstępnie odkształconych. Model

zastosowano do symulacji próby tłoczności Nakazimy przeprowadzonej na próbkach wyciętych z blachy wstępnie odkształconej. Wstępne odkształcenie służy do wprowadzenia efektu zmiany ścieżki odkształcenia. Wyniki numeryczne porównano z wynikami doświadczalnymi. W [23] zbadano dwie (znaną z literatury i zaproponowaną nową) koncepcje biegunowych GKT niezależnych od ścieżki odkształcenia. Prace badawcze w tej tematyce są kontynuowane, ich wyniki mają być przedmiotem rozprawy doktorskiej mgr. Dmytro Lumelskiego.

Najważniejsze osiągnięcia: Opracowanie metody wyznaczania właściwości mechanicznych spoiny w blachach spawanych laserowo [17]. Opracowanie i weryfikacja doświadczalna modelu kształtowania blach wstępnie odkształconych (ze zmienną ścieżką odkształcenia) [19]. Opracowanie i zbadanie nowej koncepcji biegunowych granicznych krzywych tłoczności niezależnych od ścieżki odkształcenia [23].

#### *Modelowanie urabiania i rozdrabniania skał*

Metoda elementów dyskretnych jest doskonałym narzędziem do analizy zniszczenia materiałów przejawiającego się rozdrobnieniem materiału na wiele części, co jest typowe np. w procesie urabiania skał. Po habilitacji kontynuowałem rozpoczęte wcześniej prace nad opracowaniem modelu trójwymiarowego urabiania skał w ramach metody elementów dyskretnych (w habilitacji był przedstawiony model 2D). Wynikiem tych prac jest szereg publikacji [16, 64, 65, 18, 58, 66]. W artykule [16, 66] przedstawiono symulacje urabiania skał dyskami stosowanymi w maszynach do drążenia tuneli (ang. TBM – tunnel boring machines), a w pracach [64, 65, 18, 58] modelowanie i symulacje urabiania narzędziami stożkowymi stosowanymi w głowicach urabiających kombajnów chodnikowych (ang. roadheader). Możliwości wykorzystania opracowanych modeli do optymalizacji procesów urabiania pokazano w [64] i [66]. Szczegóły modelu i jego kalibrację opisano w monografii [66] opartej na rozprawie doktorskiej Carlosa Labry, przygotowywanej przy moim współdziałaniu jako kopromotora i obronionej w Universitat Politècnica de Catalunya - BarcelonaTech dnia 19.07.2012. Modelowanie procesu urabiania skał z uwzględnieniem efektów cieplnych i zużycia opisałem w [58]. Oprócz urabiania mechanicznego skał zajmuję się również innymi zagadnieniami, w których występuje rozdrobnienie materiału. Modelowanie zagadnień rozdrabniania wybuchowego skał jest przedstawione w referacie konferencyjnym [74]. Obecnie pracuję nad modelem rozdrabniania materiałów skalnych (rud miedzi) w młynie wentylatorowym w ramach projektu CuBR [P27].

Najważniejsze osiągnięcia: Najważniejsze wyniki prac nad modelowaniem urabiania skał metodą elementów dyskretnych zawiera artykuł [18] opublikowany w czołowym piśmie z mechaniki skał i górnictwa i posiadający już 29 cytowań w bazie Web of Science. W artykule tym szczegółowo porównano wyniki numeryczne symulacji 2D i 3D urabiania skał nożem stożkowym głowicy kombajnu chodnikowego z wynikami doświadczalnymi dostarczonymi przez firmę Sandvik (Zeltweg, Austria). Porównano wielkości sił oporu, jak również przeprowadzono analizę rozkładu wielkości odłamków skalnych.

*Rozwijanie modeli konstytutywnych w metodzie elementów dyskretnych. Zależności mikro-makro w modelowaniu metodą elementów dyskretnych.*

Model oddziaływania kontaktowego w metodzie elementów dyskretnych pełni rolę mikromechanicznego modelu konstytutywnego materiału. Przyjęcie odpowiedniego modelu wraz z odpowiednimi jego parametrami pozwala uzyskać pożądane makroskopowe zachowanie się ma-

teriału. Sprawa doboru modelu i jego kalibracji jest kluczowym zagadnieniem w metodzie elementów dyskretnych. Tej tematyce poświęciłem kilka prac [21, 22, 76, 24, 29, 30]. W [21] prowadzono prace nad dokładnym sformułowaniem oddziaływania w kierunku stycznym w modelu kontaktu między cząstkami sferycznymi (elementami dyskretnymi). W [29, 76] rozpatrywano efektywne zależności oddziaływania między cząstkami znajdującymi się w miękkiej osnowie. Zależności między parametrami mikromechanicznymi (oddziaływania kontaktowego między cząstkami) a właściwościami makroskopowymi były przedmiotem badań w artykułach [22, 30], odpowiednio w modelu materiału kohezyjnego (skalnego) i sypkiego. Zależności mikro-makro wyznaczone zostały na podstawie symulacji laboratoryjnych prób, próby ściskania jedno- i trójosiowego. Zależności mikro-makro były wykorzystane w pracy [24] do wyznaczenia modelu dyskretnego równoważnego zadanemu ośrodkowi ciągłemu.

Najważniejsze osiągnięcie: Zbadanie wpływu parametrów modelu oddziaływania kontaktowego na właściwości makroskopowe [22]. Rozpatrywano model próbki skały zwięzłej poddanej jednoosiowemu sciskaniu. Porównano mechanizm i postać zniszczenia dwóch wariantów: (i) parametry globalne jednorodne w całej próbce, (ii) parametry zależne od wielkości oddziałujących cząstek. W przypadku (i) otrzymano bardziej zlokalizowaną postać zniszczenia typową dla materiałów kruchych. Jest to bardzo ważna obserwacja, pomocna przy wyborze odpowiedniego modelu dyskretnego. Znaczna liczba cytowań w Web of Science (16) w stosunkowo krótkim czasie wskazuje na duże zainteresowanie tym artykułem.

#### *Modelowanie i symulacja procesów metalurgii proszków metodą elementów dyskretnych*

Metalurgia proszków stała się nowym i ważnym obszarem mojej działalności naukowej po habilitacji. Metalurgia proszków jest technologią wytwarzania części z proszków poniżej temperatury topnienia materiału. Stosuje się ją do produkcji części z proszków metalicznych, ceramicznych oraz ich mieszanin. Za jej pomocą można otrzymać zaawansowane materiały kompozytowe metalowo–ceramiczne. Ważnym procesem metalurgii proszków jest spiekanie, w czasie którego w wysokiej temperaturze pod działaniem ciśnienia lub bez niego następuje konsolidacja materiału proszkowego. Modelowanie procesów metalurgii proszków, a szczególnie spiekania, jest bardzo trudnym wyzwaniem. Metoda elementów dyskretnych jest doskonałym narzędziem do stworzenia mikromechanicznego modelu spiekania. Wstępne wyniki zaproponowanego modelu zostały przedstawione w [54]. Pełne sformułowanie lepkosprężystego modelu spiekania i jego szczegółowa weryfikacja zostały przedstawione w artykule [25]. Zaproponowany model jest oryginalny w stosunku do innych modeli spiekania rozwiniętych w ramach metody elementów dyskretnych. Stał się on podstawą rozprawy doktorskiej mgr. Szymona Nosewicza “Discrete element modeling of powder metallurgy processes” przygotowanej pod moim kierunkiem jako promotora i obronionej w IPPT PAN dnia 5.02.2016 r. Model numeryczny został zweryfikowany za pomocą własnych wyników doświadczalnych. Prace doświadczalne realizowane w IPPT PAN oraz we współpracy z ITME (Instytutem Technologii Materiałów Elektronicznych) dostarczyły wielu cennych wyników, które zostały opublikowane w kilku artykułach [26, 27, 28]. Obecnie w ramach projektu NCN Opus [P28] pracuję nad wieloskalowym modelem spiekania. Wstępne wyniki dotyczące przejścia ze skali mikro do makro są przedstawione w [60].

Najważniejsze osiągnięcie: Koncepcja i sformułowanie oryginalnego lepkosprężystego modelu spiekania przedstawione w artykule [25]. Model jest oryginalny w stosunku do innych modeli znanych z literatury, w których uwzględnia się jedynie oddziaływanie lepkie, a zaniedbuje

się efekty sprężyste. Uwzględnienie efektów sprężystych pozwala dokładniej modelować procesy zachodzące w czasie spiekania, jak również pozwala zwiększyć efektywność obliczeniową dzięki zwiększeniu kroku krytycznego całkowania względem czasu. Modelowanie procesów spiekania, intensywnie rozwijane w ośrodkach zagranicznych, jest unikalnym tematem badań w skali krajowej.

#### *Rozwijanie modeli hybrydowych łączących metodę elementów dyskretnych z innymi metodami*

Częściowo jest to kontynuacja wcześniejszych prac, niemniej jednak występują również nowe kierunki badań. Po habilitacji algorytm sprzężenia metody elementów dyskretnych i skończonych został rozszerzony na zagadnienia trójwymiarowe i wykorzystany do symulacji urabiania skał [16, 66], przy czym dodana została również możliwość zamiany w trakcie analizy modelu ciągłego (MES) na dyskretny w automatycznie wykrytym podobszarze. Nowym kierunkiem prac w obszarze modeli hybrydowych było rozwijanie połączenia metody elementów dyskretnych z metodą elementów brzegowych za pośrednictwem strefy dyskretyzowanej elementami skończonymi [73]. W tym algorytmie również zastosowano automatyczne wykrywanie najbardziej wyęźżonego podobszaru, w którym wprowadza się model dyskretny materiału. Zasadniczo nowym kierunkiem jest również integracja metody elementów dyskretnych z metodami obliczeniowymi mechaniki płynów [59]. Podobny model jest obecnie rozwijany w ramach moich prac w projekcie CuBR [P27] do modelowania przepływu mieszanki powietrza z rozdrobnioną rudą miedzi w młynie wentylatorowym.

### **Podsumowanie**

Tematyka prowadzonych przeze mnie badań cechuje się dużą różnorodnością, niemniej jednak jest spójna i koncentruje się wokół rozwoju i implementacji sformułowań teoretycznych i algorytmów metody elementów dyskretnych i skończonych oraz ich wszechstronnych zastosowań. Wśród zastosowań można wyróżnić zagadnienia o dużym znaczeniu praktycznym takie jak procesy tłoczenia blach, urabiania skał i metalurgii proszków. Aczkolwiek zastosowania są różnorodne, to w rozwijanych modelach można łatwo wykorzystać algorytmy rozwijane wcześniej do rozwiązania innych zadań. Wyniki badań zostały opublikowane w licznych artykułach, w tym znaczna część w renomowanych czasopismach z listy JCR. Liczne cytowania tych prac świadczą o ich dużym znaczeniu i wpływie na rozwój nauki.

### **Statystyka publikacji**

Rodzaj publikacji	Liczba publikacji		
	przed habilitacją	po habilitacji	ogółem
Artykuły w czasopismach z listy JCR	15	15	30
Artykuły w czasopismach spoza listy JCR	18	13	31
Monografie	1	1	2
Rozdziały monografii	1	2	3
Referaty konf. indeksowane w WoS	6	4	10
Pozostałe referaty konf. (min. 4 str.)	51	19	70

## Dane bibliometryczne

Baza	Liczba publ.	Liczba cytowań	Liczba cyt. bez samoc.	h-index
Web of Science (All Databases)	40	496	447	13
Web of Science (Core Collection)	40	463	414	12
Scopus	45	552	501	13
Google Scholar	159	1407		21

## OSIĄGNIĘCIA W ZAKRESIE OPIEKI NAUKOWEJ I KSZTAŁCENIA MŁODEJ KADRY

*w tym informacje o zakończonych nadaniem stopnia przewodach doktorskich, w których uczestniczyłem w charakterze promotora lub promotora pomocniczego, otwartych przewodach doktorskich, w których uczestniczę w charakterze promotora, oraz sporządzonych recenzjach w przewodach doktorskich, przewodach habilitacyjnych lub postępowaniach habilitacyjnych*

## Wykłady i seminaria naukowe w ramach studiów doktoranckich

1. W trakcie wielokrotnych pobytów w CIMNE (International Center for Numerical Methods in Engineering) w Barcelonie w latach 1993-2012 oprócz prac badawczych uczestniczyłem w różnej formie w pracy dydaktycznej prowadzonej na Politechnice Katalońskiej (Universitat Politècnica de Catalunya). CIMNE jest ściśle związane z uniwersyte-tem.

Trzy z moich pobytów (3 tygodnie w 2000 r., 5 tygodni w 2002 r. i 5 tygodni w 2003 r.) były związane z zajęciami dydaktycznymi dla doktorantów Politechniki Katalońskiej w Zakładzie Wytrzymałości Materiałów i Inżynierii Konstrukcji (Department of Strength of Materials and Structural Engineering – RMEE). Zajęcia prowadziłem w formie seminariów (2 seminaria w czasie każdego pobytu) i konsultacji. Współpracowałem z promotorami i studentami przy ustalaniu kierunków badań w pracach doktorskich związanych z tematyką mojej pracy naukowej. Zajęcia odbywały się w ramach studiów doktoranckich.

2. Wykłady „Metoda elementów dyskretnych – teoria i zastosowania” na Studium Doktoranckim IPPT PAN, 18 godz. w roku akademickim 2009/10.
3. Zajęcia (wykłady i ćwiczenia) w Doctoral School of Graz University of Technology, “Discrete Element Method – theoretical formulation and applications”, 30 godz. w 2009 r.
4. Wykłady zaproszone na Studium Doktoranckim Politechniki Białostockiej „Modelowanie materiałów granulowanych i kruchych metodą elementów dyskretnych. Sformułowanie teoretyczne i zastosowania”, 4 godz. 2011 r.
5. Prowadzenie Instytutowego Seminarium Mechaniki im. W. Olszaka i A. Sawczuka w IPPT PAN w roku akademickim 2010/2011 (regularne cotygodniowe seminarium)

## Wykłady zaproszone, na których byli obecni studenci i doktoranci

1. Graz University of Technology, Graz, Austria, wykład zaproszony: Discrete Element Methods, Institute for Structural Analysis, 26.01.2009 r.
2. Frank Stronach Institut, Graz University of Technology, wykład zaproszony: Simulation of rock cutting with the Discrete Element Method (DEM), 9.2.2010 r.
3. Vilnius Gediminas Technical University, wykłady zaproszone: “Modelling of brittle materials with the discrete element method”, “Simulation of coupled problems using the discrete element method”, 6.10.2011 r.
4. Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Produkcji, Doświadczalne i numeryczne badanie tłoczności blach przy złożonych ścieżkach odkształcenia, 28.11.2012 r.
5. Vilnius Gediminas Technical University, Wilno, Litwa, wykład zaproszony: Comparison of discrete element methods with local size dependent and global constant micromechanical parameters, 21.06.2012
6. Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Lądowej, wykład zaproszony: Metoda elementów dyskretnych – sformułowanie teoretyczne i zastosowanie w modelowaniu materiałów sypkich oraz skał, 8.04.2013, wykład w ramach seminarium dla doktorantów
7. Ruhr University Bochum, zaproszony wykład “Discrete Element Simulation of Rock Cutting Processes”, 5.07.2013
8. Wykład pt. "Metoda elementów dyskretnych – prosta metoda modelowania złożonego zachowania się materiałów” na zebraniu Sekcji Mechaniki Materiałów Komitetu Mechaniki PAN, PW Wydz. Inż. Materiałowej, 22.05.2014 r. – wykład otwarty również dla doktorantów
9. Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, wykład zaproszony pt. “Metoda elementów dyskretnych – sformułowanie teoretyczne, aspekty numeryczne, zastosowania”, 20.11.2014 r.
10. Fraunhofer Institute for Mechanics of Materials (IWM), Freiburg, Niemcy, wykład zaproszony pt. “The discrete element method – a simple tool for modelling complex problems. Applications of the DEM to thermomechanical problems, powder metallurgy, magnetorheological fluids. DEM/FEM coupling”, 24.02.2014 r.
11. PUC-Rio – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, wykład zaproszony pt. “The discrete element method – a simple tool for modelling complex problems”, 18.03.2014 r.
12. Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentyna, wykład zaproszony pt. “The discrete element method – theoretical formulation and its applications (granular materials, rock mechanics, powder metallurgy, magnetorheological fluids”, 17.10.2014 r.
13. Vilnius Gediminas Technical University, Litwa, wykład zaproszony pt. “Coupling of the discrete element method and boundary element method in time domain”, 7.06.2015,

14. Technical University of Cluj-Napoca, Rumunia, wykład zaproszony pt. "Discrete element simulation of powder metallurgy processes", Department of Manufacturing Engineering, 6.11.2015

### **Zakończone przewody doktorskie, w których uczestniczyłem w w charakterze promotora lub promotora pomocniczego**

Pełniłem funkcję promotora i kopromotora w dwóch przewodach doktorskich zakończonych nadaniem stopnia doktora:

1. *Doktorant:* Carlos Andrés Labra González  
*Tytuł rozprawy:* Advances in the development of the discrete element method for excavation processes  
*Jednostka prowadząca przewód:* Universitat Politècnica de Catalunya – BarcelonaTech  
*Data obrony i nadania stopnia:* 19.07.2012  
*Funkcja:* kopromotor (pierwszy promotor prof. E. Oñate)
2. *Doktorant:* Szymon Nosewicz  
*Tytuł rozprawy:* Discrete element modeling of powder metallurgy processes  
*Jednostka prowadząca przewód:* Instytut Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk  
*Data obrony:* 5.02.2016 r., *Data nadania stopnia:* 25.02.2016 r.  
*Funkcja:* promotor

### **Otwarte przewody doktorskie, w których uczestniczę w w charakterze promotora**

Obecnie pełnię funkcję promotora w jednym otwartym przewodzie doktorskim:

*Doktorant:* Dmytro Lumelskyj  
*Tytuł rozprawy:* Numeryczne badanie tłoczności blach przy złożonej ścieżce odkształcenia  
*Jednostka prowadząca przewód:* Instytut Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk  
*Data wszczęcia przewodu doktorskiego:* 25.06.2015  
*Funkcja:* promotor

### **Opieka naukowa nad doktorantami**

Obecnie pełnię funkcję opiekuna naukowego 3 doktorantów:

1. *Doktorant:* Kamila Jurczak, I rok studiów doktoranckich w IPPT PAN  
*Wstępny tytuł rozprawy:* Wieloskalowe numeryczne modelowanie procesów spiekania
2. *Doktorant:* Michał Jakub Marijnissen, I rok studiów doktoranckich w IPPT PAN  
*Wstępny tytuł rozprawy:* Modelowanie przepływów mieszanin płynu i cząstek stałych
3. *Doktorant:* Nikhil Madan, I rok studiów doktoranckich w IPPT PAN  
*Wstępny tytuł rozprawy:* Modelowanie cieczy magneto-reologicznych za pomocą metody LBM i metod elementów dyskretnych



## **Inne osiągnięcia w kształceniu**

Byłem konsultantem naukowym pracy magisterskiej Dmytro Lumelskyy'ego pt. „Modelowanie metodą elementów skończonych sprężynowania powrotnego w procesie kształtowania blachy” obronionej w październiku 2010 r. na Wydziale Mechanicznym Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej.

## **Sporządzone recenzje w przewodach doktorskich, przewodach habilitacyjnych lub postępowaniach habilitacyjnych**

Sporządziłem recenzje w 3 przewodach doktorskich oraz w jednym przewodzie habilitacyjnym.

1. Recenzja w przewodzie doktorskim mgr. inż. Bartosza Nowaka  
*Tytuł rozprawy doktorskiej:* Modelowanie dynamiki układu kość–implant. Badanie numeryczne i eksperymentalne  
*Promotor:* Prof. Mariusz Kaczmarek, UKW Bydgoszcz  
*Jednostka prowadząca przewód:* IPPT PAN  
*Data nadania stopnia:* 24.09.2009
2. Recenzja w przewodzie doktorskim mgr. inż. Piotra Kustry  
*Tytuł rozprawy doktorskiej:* Numeryczne modelowanie za pomocą MES procesu ciągnięcia drutów z niskoplastycznych stopów magnezu do wykorzystania w chirurgii  
*Promotor:* Prof. Andrzej Milenin, AGH  
*Jednostka prowadząca przewód:* Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków  
*Data obrony:* 09.2011
3. Recenzja w przewodzie doktorskim mgr. inż. Cezarego Graczykowskiego  
*Tytuł rozprawy doktorskiej:* Inflatable Structures for Adaptive Impact Absorption  
*Promotor:* Prof. Jan Holnicki-Szulc  
*Jednostka prowadząca przewód:* IPPT PAN  
*Data nadania stopnia:* 28.06.2012
4. Recenzja w przewodzie habilitacyjnym dr Sławomira Świłły  
pt. „Zastosowanie techniki wizyjnej w automatyzacji pomiarów geometrii i podnoszeniu jakości wyrobów wytwarzanych w przemyśle motoryzacyjnym”  
*Jednostka prowadząca przewód:* Wydział Inżynierii Produkcji Politechniki Warszawskiej  
*Data wykonania recenzji:* 2014  
*Data kolokwium habilitacyjnego:* 15.03.2016

## **Inne funkcje o charakterze recenzenta**

1. Byłem członkiem Komisji Doktorskiej w przewodzie doktorskim J.M. Carbonell i Puigbo w Universitat Politecnica de Catalunya w Barcelonie (do obowiązków członka Komisji należało przygotowanie opinii pisemnej o rozprawie), obrona odbyła się w Barcelonie 17.12.2009

2. Sporządziłem recenzję pracy magisterskiej: Geritza van Wyk, Simulation of Tribological Interactions in Bonded Particle-Solid Contacts, Faculty of Engineering at Stellenbosch University, RPA, 2012 r.
3. Otrzymałem (4.03.2016 r.) zaproszenie z Uniwersytetu Cape Town, RPA, do przygotowania recenzji (jako Examiner) pracy doktorskiej K.W. Colville'a pt. "An analysis of frictional effects in non-stationary contact problems for metal forming simulations"
4. Byłem recenzentem wydawniczym rozprawy habilitacyjnej dr. Łukasza Jankowskiego "Dynamic Load Identification for Structural Health Monitoring", IPPT PAN, 2013

## **DZIAŁALNOŚĆ POPULARYZUJĄCA NAUKĘ**

Brałem udział w następujących imprezach popularyzujących naukę:

1. 9.2.2010 r. wygłosiłem wykład w ramach SIMNET days – sympozjum organizowanego przez Instytut Franka Stronacha Uniwersytetu Technicznego w Grazu w celu upowszechnienia osiągnięć naukowych z zakresu symulacji i modelowania numerycznego w środowisku naukowym (z innych dyscyplin) i przemysłowym
2. Byłem jednym z głównych organizatorów warsztatów przemysłowych KMM-VIN
  - KMM-VIN 4th Industrial Workshop "Advanced Materials Modeling for Industrial Practice", 30.01.2015, Graz, Austria, co-chairman
  - KMM-VIN 5th Industrial Workshop "Multi-scale and multi-physics materials modeling for advanced industries ", 26-27.01.2016, Madryt, Hiszpania, co-chairman

Celem warsztatów były popularyzacja i upowszechnienie najnowszych osiągnięć naukowych o dużej wartości aplikacyjnej w środowisku przemysłowym. Około połowa uczestników warsztatów reprezentowała firmy przemysłowe (ogólna liczba około 50). KMM-VIN AISBL jest międzynarodowym stowarzyszeniem badawczym z główną siedzibą w Brukseli i oddziałem w Warszawie, skupiającym aktualnie ponad 60 instytucji z 14 krajów UE, w tym 20 firm przemysłowych.

# LISTA PUBLIKACJI

Lista zawiera:

- wszystkie artykuły opublikowane w czasopismach,
- wszystkie monografie i rozdziały monografii,
- wszystkie referaty konferencyjne indeksowane w Web of Science,
- wybrane (cytowane w tekście) referaty konferencyjne oraz dwa raporty techniczne.

## Artykuły w czasopismach z listy JCR

### Przed habilitacją

- [1] E. Oñate, J. Rojek, and C. García Garino. NUMISTAMP: a research project for assessment of finite element models for stamping processes. *Journal of Materials Processing Technology*, 50(1-4):17–38, 1995.
- [2] J. Rojek, J. Jovicevic, and E. Oñate. Industrial applications of sheet stamping simulation using new finite element models. *Journal of Materials Processing Technology*, 60:243–247, 1996.
- [3] J. Rojek, E. Oñate, and E. Postek. Application of explicit FE codes to simulation of sheet and bulk metal forming processes. *Journal of Materials Processing Technology*, 80-81:620–627, 1998.
- [4] O.C. Zienkiewicz, J. Rojek, R.L. Taylor, and M. Pastor. Triangles and tetrahedra in explicit dynamic codes for solids. *Int. J. Num. Meth. Eng.*, 43:565–583, 1998.
- [5] J. Rojek, O.C. Zienkiewicz, E. Oñate, and E. Postek. Advances in FE explicit formulation for simulation of metalforming processes. *Journal of Materials Processing Technology*, 119(1-3):41–47, 2001.
- [6] M. Kleiber, J. Rojek, and R. Stocki. Reliability assessment for sheet metal forming operations. *Comput. Meth. Appl. Mech. Eng.*, 191:4511–4532, 2002.
- [7] A. Piela and J. Rojek. Validation of the results of numerical simulation of deep drawing of tailor welded blanks. *Archives of Metallurgy*, 48:37–51, 2003.
- [8] E. Oñate, R.L. Taylor, O.C. Zienkiewicz, and J. Rojek. A residual correction method based on finite calculus. *Eng. Comput.*, 20:629–658, 2003.
- [9] E. Oñate and J. Rojek. Combination of discrete element and finite element methods for dynamic analysis of geomechanics problems. *Comput. Meth. Appl. Mech. Eng.*, 193:3087–3128, 2004.

- [10] E. Oñate, J. Rojek, R.L. Taylor, and O.C. Zienkiewicz. Finite calculus formulation for incompressible solids using linear triangles and tetrahedra. *Int. J. Num. Meth. Eng.*, 59:1473–1500, 2004.
- [11] M. Kleiber, J. Knabel, and J. Rojek. Response surface method for probabilistic assessment of metal forming failures. *Int. J. Num. Meth. Eng.*, 60:1421–1441, 2004.
- [12] J. Rojek, F. Zarate, C. Agelet de Saracibar, Ch. Gilbourne, and P. Verdot. Discrete element modelling and simulation of sand mould manufacture for the lost foam process. *Int. J. Num. Meth. Eng.*, 62:1421–1441, 2005.
- [13] E. Oñate, J. Rojek, M. Chiumenti, S.R. Idelsohn, F. Del Pin, and R. Aubry. Advances in stabilized finite element and particle methods for bulk forming processes. *Comput. Meth. Appl. Mech. Eng.*, 195:1421–1441, 2006.
- [14] J. Rojek, E. Oñate, and R.L. Taylor. CBS-based stabilization in explicit solid dynamics. *Int. J. Num. Meth. Eng.*, 66:1547–1568, 2006.
- [15] I. Marczewska, T. Bednarek, A. Marczewski, W. Sosnowski, H. Jakubczak, and J. Rojek. Practical fatigue analysis of hydraulic cylinders and some design recommendations. *International Journal of Fatigue*, 28:1739–1751, 2006.

### **Po habilitacji**

- [16] C. Labra, J. Rojek, E. Oñate, and F. Zarate. Advances in discrete element modelling of underground excavations. *Acta Geotechnica*, 3:317–322, 2009.
- [17] M. Hycza-Michalska, J. Rojek, and O. Fruitos. Numerical simulation of car body elements pressing applying tailor welded blanks – practical verification of results. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 10:31–44, 2010.
- [18] J. Rojek, E. Oñate, C. Labra, and H. Kargl. Discrete element simulation of rock cutting. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 48:996–1010, 2011.
- [19] D. Lumelsky, J. Rojek, R. Pecherski, F. Grosman, and M. Tkocz. Numerical simulation of formability tests of pre-deformed steel blanks. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 12:133–141, 2012.
- [20] J. Rojek, M. Hycza-Michalska, A. Bokota, and W. Piekarska. Determination of mechanical properties of the weld zone in tailor-welded blanks. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 12:156–162, 2012.
- [21] D. Zabulionis, R. Kacianauskas, D. Markauskas, and J. Rojek. An investigation of nonlinear tangential contact behaviour of a spherical particle under varying loading. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences – Technical Sciences*, 60:265–278, 2012.
- [22] J. Rojek, C. Labra, O. Su, and E. Oñate. Comparative study of different discrete element models and evaluation of equivalent micromechanical parameters. *International Journal of Solids and Structures*, 49:1497–1517, 2012.

- [23] J. Rojek, D. Lumelskyy, R. Pecherski, F. Grosman, M. Tkocz, and W. Chorzepa. Forming limit curves for complex strain paths. *Archives of Metallurgy and Materials*, 58:587–593, 2013.
- [24] J. Rojek, G.F. Karlis, L.J. Malinowski, and G. Beer. Setting up virgin stress conditions in discrete element models. *Computers and Geotechnics*, 48:228–248, 2013.
- [25] S. Nosewicz, J. Rojek, K. Pietrzak, and M. Chmielewski. Viscoelastic discrete element model of powder sintering. *Powder Technology*, 246:157–168, 2013.
- [26] M. Chmielewski, S. Nosewicz, K. Pietrzak, J. Rojek, A. Strojny-Nedza, S. Mackiewicz, and J. Dutkiewicz. Sintering Behavior and Mechanical Properties of NiAl, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, and NiAl-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Composites. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 23:3875–3886, 2014.
- [27] S. Nosewicz, J. Rojek, S. Mackiewicz, M. Chmielewski, K. Pietrzak, and B. Romelczyk. The influence of hot pressing conditions on mechanical properties of nickel aluminate/alumina composite. *Journal of Composite Materials*, 48:3577–3589, 2014.
- [28] M. Chmielewski, S. Nosewicz, J. Rojek, K. Pietrzak, S. Mackiewicz, and B. Romelczyk. A study of densification and microstructure evolution during hot pressing of NiAl/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> composite. *Advanced Composite Materials*, 24:57–66, 2015.
- [29] D. Zabulionis, R. Kacianauskas, V. Rimša, J. Rojek, and S. Pilkavicius. Spring method for modelling of particulate solid composed of spherical particles and weak matrix. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 15:775–785, 2015.
- [30] I. Marczewska, J. Rojek, and R. Kacianauskas. Investigation of the effective elastic parameters in the discrete element model of granular material by the triaxial compression test. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 16:64–75, 2016.

## **Artykuły w czasopismach spoza listy JCR**

### **Przed habilitacją**

- [31] J. Rojek, M. Kleiber, M. Napolski, and W. Sosnowski. Sprężysto-plastyczna analiza konstrukcji płytowych i ramowo-płytowych. *Mechanika i Komputer*, 10:81–102, 1991.
- [32] J. Rojek and M. Kleiber. Nonlinear dynamic FE analysis of structures consisting of rigid and deformable parts. Part I — Formulation. *Int. J. Struct. Eng. and Mech.*, 2(4):313–326, 1994.
- [33] J. Rojek and M. Kleiber. Nonlinear dynamic FE analysis of structures consisting of rigid and deformable parts. Part II — Computer Implementation and Test Examples. *Int. J. Struct. Eng. and Mech.*, 2(4):327–343, 1994.
- [34] J. Rojek and E. Oñate. Sheet springback analysis using a simple shell triangle with translational degrees of freedom only. *International Journal of Forming Processes*, 1(3):275–296, 1998.

- [35] J. Rojek and J.J. Telega. Numerical Simulation of Bone–Implant Systems Using a More Realistic Model of Contact Interfaces with Adhesion. *J. Theor. Appl. Mech.*, 37:659–686, 1999.
- [36] P. Bednarz, J. Rojek, J.J. Telega, and J. Kowalczewski. Contact problems in knee joint after arthroplasty. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 2:377–380, 2000.
- [37] J. Rojek and J.J. Telega. Contact problems with friction, adhesion and wear in orthopaedic biomechanics. Part I – General developments. *J. Theor. Appl. Mech.*, 39:655–677, 2001.
- [38] J. Rojek, J.J. Telega, and S. Stupkiewicz. Contact problems with friction, adhesion and wear in orthopaedic biomechanics. Part II – Numerical implementation and application to implanted knee joints. *J. Theor. Appl. Mech.*, 39:679–706, 2001.
- [39] J. Rojek and O.C. Zienkiewicz. Eliminacja blokady objętościowej w liniowych elementach trójkątnych i czworościennych. *Informatyka w Technologii Materiałów*, 1:73–89, 2001.
- [40] J. Rojek and L. Neamtu. Numeryczne modelowanie sprzynowania powrotnego w tłoczeniu blach. *Informatyka w Technologii Materiałów*, LX(4), 2001.
- [41] J. Rojek and A. Piela. Weryfikacja wyników numerycznej symulacji procesu tłoczenia. *Wiadomości Hutnicze*, 69:84–88, 2002.
- [42] J. Rojek. Symulacja numeryczna wytwarzania formy piaskowej w procesie odlewania metodą traconego modelu. *Przegląd Mechaniczny*, LXII(12):12–15, 2003.
- [43] J. Rojek. Numeryczne modelowanie i symulacja procesu wytwarzania formy piaskowej w odlewaniu metodą traconego modelu. *Informatyka w Technologii Materiałów*, 3:113–125, 2003.
- [44] J. Rojek, M. Kleiber, A. Piela, R. Stocki, and J. Knabel. Deterministic and stochastic analysis of failure in sheet metal forming operations. *Steel Grips – Journal of Steel and Related Materials*, 2:29–34, 2004.
- [45] J. Rojek. Modelowanie blach pokrytych warstwą polimeru w procesach wytwarzania puszek. *Informatyka w Technologii Materiałów*, 5:1–16, 2005.
- [46] H. Jakubczak and J. Rojek. Zmęczeniowe pękanie siłowników hydraulicznych. *Diagnostyka*, 36:61–66, 2005.
- [47] H. Jakubczak, J. Rojek, and P. Roquet. Assessment of realistic fatigue data for hydraulic cylinders. *Problemy Maszyn Roboczych*, 27:63–73, 2006.
- [48] J. Rojek. Discrete element modelling of rock cutting. *Computer Methods in Materials Science*, 7:224–230, 2007.
- [49] J. Rojek and E. Oñate. Multiscale analysis using a coupled discrete finite element model. *Interaction and Multiscale Mechanics*, 1:1–31, 2007.

## Po habilitacji

- [50] J. Rojek, M. Hycza-Michalska, A. Bokota, and W. Piekarska. Determination of mechanical properties of the weld zone of tailor-welded blanks. *Comp. Meth. Mat. Sci.*, 9:153–158, 2009.
- [51] M. Hycza-Michalska and J. Rojek. Laserowe spawanie wsadów do tłoczenia. wybrane problemy wytwarzania i symulacja numeryczna. *Mechanik*, 4:274–281, 2009.
- [52] J. Rojek, M. Hycza-Michalska, A. Bokota, and W. Piekarska. Metody wyznaczania właściwości mechanicznych złączy w spawanych laserowo wsadach do tłoczenia. *Przegląd Mechaniczny*, LXIX:13–20, 2010.
- [53] D. Lumelskyy and J. Rojek. Numerical accuracy and efficiency of algorithms for spring-back calculation. *Comp. Meth. Mat. Sci.*, 11:387–393, 2011.
- [54] J. Rojek, K. Pietrzak, M. Chmielewski, D. Kaliński, and S. Nosewicz. Discrete element simulation of powder sintering. *Comp. Meth. Mat. Sci.*, 11:68–73, 2011.
- [55] S. Nosewicz, J. Rojek, K. Pietrzak, M. Chmielewski, and D. Kaliński. Modelowanie procesu spiekania materiałów dwufazowych metoda elementów dyskretnych. *Rudy i Metale Niezależne*, 57:599–603, 2012.
- [56] D. Lumelskyy, I. Marczevska, J. Rojek, R. Pecherski, F. Grosman, and M. Tkocz. Effect of friction on failure location in sheet metal formability tests. *Comp. Meth. Mat. Sci.*, 13:43–48, 2013.
- [57] P. Kowalczyk, J. Rojek, R. Stocki, T. Bednarek, P. Tuzowski, R. Lasota, and D. Lumelskyy. NUMPRESS – integrated computer system for analysis and optimization of industrial sheet metal forming processes. *Wiadomości Hutnicze*, 81:56–63, 2014.
- [58] J. Rojek. Discrete element thermomechanical modelling of rock cutting with evaluation of tool wear. *Computational Particle Mechanics*, 1:71–84, 2014.
- [59] E. Oñate, M.A. Celigueta, S. Latorre, G. Casas, R. Rossi, and J. Rojek. Lagrangian analysis of multiscale particulate flows with the particle finite element method. *Computational Particle Mechanics*, 1:85–102, 2014.
- [60] J. Rojek, S. Nosewicz, M. Chmielewski, and K. Pietrzak. Evaluation of macroscopic stresses in discrete element models of sintering processes. *Comp. Meth. Mat. Sci.*, 15:2219–255, 2015.
- [61] K. Jurczak, J. Rojek, S. Nosewicz, D. Lumelskyy, K. Bochenek, M. Chmielewski, and K. Pietrzak. Modelowanie wstępnego prasowania proszków metoda elementów dyskretnych. *Wiadomości Hutnicze*, 83:3–7, 2016.

## Monografie i rozdziały w monografiach

### Przed habilitacją

- [62] J. Rojek and A. Piela. Symulacja procesu tloczenia wsadów spawanych laserem. In A. Piela, F. Grosman, J. Kusiak, and M. Pietrzyk, editors, *Informatyka w technologii metali*, pages 353–403. Wyd. Pol. Śląskiej, Gliwice, 2003.
- [63] J. Rojek. *Modelowanie i symulacja komputerowa złożonych zagadnień mechaniki nieliniowej metodami elementów skończonych i dyskretnych*. rozprawa habilitacyjna, IPPT Reports on Fundamental Technological Research, Warszawa, 2007.

### Po habilitacji

- [64] J. Rojek, E. Oñate, C. Labra, H. Kargl, and J. Akerman. Optimizing rock cutting through computer simulation. In G. Beer, editor, *Technology innovation in underground construction*, pages 299–314. CRC Press, 2009.
- [65] J. Rojek, E. Oñate, C. Labra, and H. Kargl. Discrete element modelling of rock cutting. In *Particle-Based Methods, Series: Computational Methods in Applied Sciences*, pages 247–267. Springer, 2011.
- [66] C. Labra, E. Oñate, and J. Rojek. *Advances in the Development of the Discrete Element Method for Excavation Processes*. Monograph CIMNE No. 132, Barcelona, 2012.

## Referaty konferencyjne indeksowane w Web of Science

### Przed habilitacją

- [67] E. Oñate and J. Rojek. Prediction of elastic springback defects in sheet stamping processes using finite element methods. In *Proc. 3rd International Conference on Materials Processing Defects, Cachan, France, July 1-3, 1997, Advanced Methods in Materials Processing Defects, Book Series: Studies in Applied Mechanics*, volume 45, pages 349–359, 1997.
- [68] G.A. Duffett, L. Neamtu, E. Oñate, J. Rojek, and F. Zarate. Stampar: A parallel processing approach for the analysis of sheet stamping problems. In *Proc. 5th International Conference on Computational Plasticity (COMPLAS V), Barcelona, Spain, 17-20 March, 1997, Computational Plasticity: Fundamentals and Applications*, pages 1781–1789, 1997.
- [69] J. Rojek, O.C. Zienkiewicz, E. Oñate, and R.L. Taylor. Simulation of metal forming using new formulation of triangular and tetrahedral elements. In *Proc. 8th Int. Conf. on Metal Forming 2000*, pages 149–155, Kraków, Poland, 2000. Balkema.
- [70] E. Oñate, G.A. Duffett, M. Chiumenti, J. Rojek, and F. Flores. Advances in stabilized finite element methods for bulk and sheet metal forming processes. In *Proc. 8th International Conference on Numerical Methods in Industrial Forming Processes, Columbus, USA, 13-17 June, 2004, Materials Processing and Design: Modeling, Simulation and Applications*, pages 14–21, 2004.



- [71] E. Oñate, F. Flores, L. Neamtu, R. Weiler, J. Rojek, and F. Zarate. Enhanced rotation-free basic shell triangle for sheet stamping problems. In *Proc. 8th International Conference on Numerical Methods in Industrial Forming Processes, Columbus, USA, 13-17 June, 2004, Materials Processing and Design: Modeling, Simulation and Applications*, pages 2222–2227, 2004.
- [72] J.A. Gomez, R. Lohner, J. Rojek, and E. Oñate. Coupling of FEFLO with SIMPACT. In *Proc. 3rd International Conference on Fluid Structure Interaction/8th International Conference on Computational Modelling and Experimental Measurements of Free and Moving Boundary Problems, Coruna, Spain, 19-21 Sep, 2005, Fluid Structure Interaction and Moving Boundary Problems, Book Series: WIT Transactions on the Built Environment*, volume 84, pages 15–23, 2005.

### **Po habilitacji**

- [73] L. Malinowski, G.F. Karlis, G. Beer, and J. Rojek. Iterative coupling of boundary and discrete element methods using an overlapping FEM zone. In *Proc. 4th International Conference on Computational Methods for Coupled Problems in Science and Engineering (COUPLED PROBLEMS), Kos, Greece, 20-22 June, 2011*, pages 301–312, 2011.
- [74] C. Labra, , E. Oñate, F. Zarate, and J. Rojek. Modelling and simulation of the effect of blast loading on structures using an adaptive blending of discrete and finite element methods. In *Proc. 2nd International Conference on Particle-Based Methods - Fundamentals and Applications (Particles), Barcelona, Spain, 26-28 Oct, 2011*, pages 457–465, 2011.
- [75] E. Oñate, C. Labra, , F. Zarate, and J. Rojek. Modelling and simulation of the effect of blast loading on structures using an adaptive blending of discrete and finite element methods. In *Proc. 3rd International Forum on Risk Analysis, Dam Safety, Dam Security, and Critical Infrastructure Management, Valencia, Spain, 17-21 Oct, 2011*, pages 365–372, 2011.
- [76] R. Kacianauskas, J. Rojek, S. Pilkavicius, and V. Rimša. Interaction of particles via solid interface: model and analysis. In *Proc. 3rd International Conference on Particle-Based Methods - Fundamentals and Applications (Particles), Stuttgart, Germany, 18–20 Sep, 2013*, pages 364–374, 2013.

### **Wybrane (cytowane) pozostałe referaty konferencyjne**

- [77] E. Oñate, P. Cendoya, J. Rojek, and J. Miquel. A simple thin shell triangle with translational degrees of freedom only. In S.N. Atluri and G. Yagawa, editors, *Advances in Computational Engineering Science*, pages 308–313. Tech Science Press, USA, 1997.
- [78] E. Oñate, P. Cendoya, J. Rojek, and J. Miquel. A simple thin shell triangle with translational degrees of freedom for sheet stamping analysis. In *3rd International Conference on Numerical Simulation of 3-D Sheet Forming Processes, Numisheet 96*, pages 102–111, Dearborn, Michigan, USA, September 29 – October 3, 1996, 1996.
- [79] E. Oñate, F. Zarate, J. Rojek, G. Duffett, and L. Neamtu. Advances in rotation free shell elements for sheet stamping analysis. In J.C. Gelin and P. Picart, editors, *Proceedings of the 4th International Conference and Workshop on Numerical Simulation of 3D Sheet*

*Forming Processes Numisheet'99*, pages 157–164, 13–17.09. 1999, Besancon, France, 1999.

- [80] J. Rojek, E. Oñate, A. Piela, and L. Neamtu. Numerical modelling and simulation of tailor welded blanks. In D.Y. Yang, S.I. Oh, H. Huh, and Y.H. Kim, editors, *Proceedings of the 5th International Conference and Workshop on Numerical Simulation of 3D Sheet Forming Processes Numisheet 2002*, Jeju Island, Korea, 21–25.10. 2002, 2002.
- [81] A. Piela and J. Rojek. Experimental study and modelling of tailor welded blanks. In D.Y. Yang, S.I. Oh, H. Huh, and Y.H. Kim, editors, *Proceedings of the 5th International Conference and Workshop on Numerical Simulation of 3D Sheet Forming Processes Numisheet 2002*, Jeju Island, Korea, 21–25.10. 2002, 2002.
- [82] J. Rojek, J. Miquel, F. Zarate, and E. Oñate. Particle based formulation for analysis of wear in rock cutting tools. In *7th US National Congress on Computational Mechanics*, page 317, July 28-31, 2003, Albuquerque, 2003.
- [83] J. Rojek and E. Oñate. Unified DEM/FEM approach to geomechanics problems. In *Proceedings of Computational Mechanics WCCM VI in conjunction with APCOM'04*, Beijing, China, Sept. 5–10, 2004.

## **Raporty techniczne**

- [84] J. Miquel Canet, E. Oñate, and J. Rojek. *Simulación del choque de vehículos por el método de los elementos finitos. Programa SIMPACT*. Publicación No. 71, CIMNE, Barcelona, October 1995.
- [85] J. Rojek, F. Bassas, and E. Oñate. *METALPAQ. Manual del Usuario*. Informe Técnico IT-166, CIMNE, Barcelona, May 1995.

## LISTA PROJEKTÓW I GRANTÓW KRAJOWYCH I MIĘDZYNARODOWYCH

- P1. *Rozwój programu elementów skończonych do statycznej analizy sprężysto-plastycznej kabin ciągników rolniczych.* Jednostka finansująca: Zakłady Mechaniczne “Ursus”, Warszawa. Czas trwania: 1986–1987, Kierownik projektu: Prof. Michał Kleiber
- P2. *Opracowanie oprogramowania metody elementów skończonych do analizy nieliniowej bezpiecznych kabin maszyn budowlanych,* jednostka finansująca: Przemysłowy Instytut Maszyn Budowlanych "PIMB", Kobyłka, czas trwania: 1991, kierownik zespołu: J. Rojek
- P3. *Badanie przyczyn awarii masztu radiowego w Gąbinie. Symulacja komputerowa masztu z odciągami,* jednostka finansująca: Ministerstwo Łączności, czas trwania: wrzesień 1991 – grudzień 1991, kierownik pracy: prof. Witold Gutkowski
- P4. *Studium różnych wariantów konstrukcji masztu nadawczego jako pomoc w konkursie na odbudowę masztu w Gąbinie,* jednostka finansująca: Ministerstwo Łączności; czas trwania: 04.1992 – 07.1992, kierownik pracy: prof. Witold Gutkowski.
- P5. *Symulacja zderzeń i obciążeń uderzeniowych z zastosowaniem obliczeń równoległych,* jednostka finansująca: IDIADA/ Rząd Autonomiczny Katalonii/ Ministerstwo Przemysłu i Energii Hiszpanii, czas trwania: VII 1991 – XII 1993, kierownik projektu: prof. Juan Miquel Canet, prof. Eugenio Oñate
- P6. *CONFOSIM, Simulación numérica de laminación en caliente y la embutición en chapa (Numeryczna symulacja procesów walcowania na gorąco i tłoczenia blach)* jednostka finansująca: Ministerstwo Przemysłu Hiszpanii, czas trwania: 1.07.1992 – 31.12.1993, kierownik projektu: prof. Eugenio Oñate
- P7. *Opracowanie systemu do analizy wytwarzania i dekoracji opakowań metalowych osiowosymetrycznych,* jednostka finansująca: METALPACK S.A., czas trwania: 1.04.1994 – 31.12.1994, kierownik pracy: prof. Eugenio Oñate, główny wykonawca: dr Jerzy Rojek.
- P8. *Estudio de capacidad de carga subsistema de separación (Analiza nośności podsystemu łączącego satelitę z adaptatorem rakiety),* jednostka finansująca: Construcciones Aeronauticas, czas trwania: 1995, kierownik projektu: prof. Eugenio Oñate, główny wykonawca: dr Jerzy Rojek
- P9. *Evaluation du logiciel STAMPACK pour la simulation des cas test d'emboutissage de toles (Ocena programu STAMPACK dla symulacji przykładów testowych tłoczenia blach,* jednostka finansująca: Renault, czas trwania: 1998, kierownik projektu: prof. Eugenio Oñate, główny wykonawca: dr Jerzy Rojek
- P10. *STAMPAR, Development of a Parallel Software for Enhanced Design of Sheet Stamping Dies,* 21037 PCI-II, Esprit; Jednostka finansująca: Komisja Europejska, czas trwania: 1.04.1996–30.11.1997, koordynator: CEPBA, Barcelona
- P11. *Nowe metody komputerowej symulacji dużych problemów termomechanicznych,* grant KBN 8T11F 01512, czas trwania: 1997-1999, kierownik projektu: dr J. Rojek

- P12. *Symulacja komputerowa zagadnień kontaktowych w stawach biodrowych i kolanowych po endoprotezoplastyce przy obciążeniach statycznych i zmiennych z uwzględnieniem mikrostruktury kości*, grant KBN nr 8 T11F 01812, czas trwania: 1997-1999, kierownik projektu: prof. J.J. Telega, wykonawca: dr Jerzy Rojek
- P13. *Numeryczne modelowanie wybranych elementów układu kostnego przed i po implantacji: stawy biodrowe i kolanowe; skolioza*, grant KBN nr 8T11F 017 18, czas trwania: 1.01.2000-31.12.2002, kierownik projektu: prof. J.J. Telega, wykonawca: dr Jerzy Rojek
- P14. *Numeryczna analiza wybranych stawów po endoprotezoplastyce: wpływ obciążeń cyklicznych, tarcia, adhezji i produktów zużycia na interfazę kość-implant*, grant KBN 4 T11F 00325, czas trwania: 20.10.2003-31.12.2006, kierownik projektu: prof. J.J. Telega (2003-2005), dr J. Rojek (2005-2006).
- P15. *CUTTER, Enhanced design and production of wear resistant rock cutting tools for construction machinery*, G1RD-CT-2000-00161, FP5-GROWTH; Jednostka finansująca: Komisja Europejska, czas trwania: 1.03.2000-1.06.2003, koordynator: Metalogenia S.A.
- P16. *FOAMCAST, Shortening Lead Times and Improving Quality by Innovative Upgrading of the Lost Foam Process*, G1RD-CT-2000-00417FP5-GROWTH; Jednostka finansująca: Komisja Europejska, czas trwania: 1.02.2001-31.01.2004, koordynator: Castings Technology International, Wielka Brytania
- P17. *POLYCOAT, Economical Exploitation of polymer coated steel sheet in large-scale production of new can types by the European can industry*, NMP3-CT-2003-505635 FP6-NMP, Jednostka finansująca: Komisja Europejska, czas trwania: 1.01.2004-31.12.2006, koordynator: Rockfield Software Ltd.
- P18. *PROHIPP, New design and manufacturing processes for high pressure fluid power products*, NMP2-CT-2004-505466, FP6-NMP; Jednostka finansująca: Komisja Europejska, czas trwania: 01.06.2004-31.05.2008, koordynator: Pedro Roquet S.A., kierownik zespołu IPPT PAN: dr J. Rojek.
- P19. *SIM-TWB, Accurate Simulation of Tailor-Welded-Blanks to Reduce Process Design Time for the Sheet Pressing Industry*, COOP-CT-2006-032657, FP6-SME, Jednostka finansująca: Komisja Europejska, czas trwania: 01.09.2006-31.08.2008, koordynator: Quantech ATZ S.A., kierownik zespołu IPPT PAN: dr J. Rojek.
- P20. *TUNCONSTRUCT, Technology innovation in underground construction*, NMP2-CT-2005-011817, FP6-NMP; Jednostka finansująca: Komisja Europejska, czas trwania: 1.09.2005-31.08.2009, koordynator: prof. G. Beer, Politechnika Graz, główny wykonawca w zespole CIMNE: dr Jerzy Rojek
- P21. *KomCerMet: Kompozyty i nanokompozyty ceramiczno-metalowe dla przemysłu lotniczego i samochodowego*, Program Operacyjny Innowacyjna Gospodarka 2007-2013, nr projektu: WND-POIG.01.03.01-00-013/08, okres realizacji: 1.10.2008r. - 30.06.2013r., koordynator: dr hab. Michał Basista, IPPT PAN, kierownik jednego z zadań: dr hab. Jerzy Rojek

- P22. *NUMPRESS: Zaawansowane metody numeryczne analizy, optymalizacji i niezawodności przemysłowych procesów tłoczenia blach*, Program Operacyjny Innowacyjna Gospodarka, okres realizacji: 1.10.2009–30.09.2013, koordynator: dr hab. Piotr Kowalczyk, IPPT PAN, kierownik jednego z zadań: dr hab. Jerzy Rojek
- P23. *Adaptive Method coupling for the simulation of problems in geotechnical engineering*, program Translational Brainpower finansowany przez Austriacką Fundację Nauki (FWF) – Projekt Numer L 553-N18, kierownik projektu: prof. Gernot Beer, TU Graz; dr hab. Jerzy Rojek – visiting professor (Gastprofessor) w Uniwersytecie Technicznym w Graz
- P24. *NUMSIM – Numerical simulation in technical sciences*, 7 Program Ramowy, Support for Training and Career Development of Researchers (Maria Curie), International Research Staff Exchange Scheme: FP7-PEOPLE-2009-IRSES, Grant Agreement Number 246977: PIRSES-GA-2009-246977. Czas trwania projektu 1.11.2010–31.10.2014, koordynator projektu: prof. Gernot Beer, TU Graz, kierownik zespołu IPPT PAN: dr hab. Jerzy Rojek
- P25. *Badania doświadczalne materiałów anizotropowych z asymetrii zakresu sprężystego i wyznaczenie kryterium plastyczności w zastosowaniu do oceny tłoczności blach*, finansowanie: NCN, N N501 1215 36, okres realizacji 20.04.2009–30.12.2012, kierownik prof. Ryszard Pęcherski, IPPT PAN, wykonawca: dr hab. Jerzy Rojek
- P26. *Innowacyjna technologia przygotowania rudy miedzi do flotacji z wykorzystaniem wysokoenergetycznych technik rozdrabniania*, NCBiR, CuBR/I/3/NCBR/2014, 1.02.2015–31.01.2017, kierownik zespołu IPPT PAN: dr hab. Tomasz Szolc, IPPT PAN, kierownik jednego z zadań: dr hab. Jerzy Rojek
- P27. *MUSINT – Wieloskalowe numeryczne modelowanie procesów spiekania*, projekt NCN OPUS, UMO- 2013/11/B/ST8/03287, okres realizacji 1.09.2014–31.08.2017, kierownik projektu: dr hab. Jerzy Rojek