

## Autoreferat

### 1) Posiadane dyplomy i stopnie naukowe

a) Tytuł magistra inżyniera budownictwa, „Stateczność kratownic przestrzennych”, Wydział Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej w Warszawie, 1980, opiekun naukowy – prof. dr hab. inż. Andrzej Gomuliński.

b) Tytuł doktora nauk technicznych w dyscyplinie budownictwo.  
„Numeryczna analiza wrażliwości dużych nieliniowych układów konstrukcyjnych”, IPPT PAN, 1997, promotor – prof. dr hab. inż. Michał Kleiber.

### 2) Informacja o zatrudnieniu w jednostkach naukowych

a) **15.09.1981 – 31.12.1988**: Konstruktor, asystent, starszy asystent, Instytut Techniki Budowlanej, Zakład Konstrukcji Budowlanych, Pracownia Konstrukcji Metalowych, Warszawa.

b) **02.01.1989 – 31.01.1999**: St. programista, Politechnika Warszawska, Ośrodek Metod Komputerowych, Wydział Inżynierii Lądowej (1/2 etatu).

c) **01.10.1990 – 31.12.2004**: St. asystent, adiunkt, Zakład Metod Komputerowych, Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN.

d) **01.06.1998 – 14.08.2000**: Pracownik badawczy „visiting researcher” w Luleå Tekniska Universitæt, Department of Civil Engineering, Zakład Mechaniki Budowli (Byggnadsmekanik), Szwecja, na urlopie bezpłatnym z IPPT PAN.

e) **02.10.2002 - 30.09.2005**: Pracownik badawczy “research officer”, University of Wales Swansea, School of Engineering, Walia, Wielka Brytania.

f) **01.10.2005 – 25.06. 2006**: Inżynier metody elementów skończonych (“FEA engineer”), Curran Ltd., Wielka Brytania.

g) **26.06.2006 - 26.06.2008**: Pracownik badawczy w dziedzinie geodynamiki obliczeniowej “Research Fellow in Computational Geodynamics”, University of Leeds, School of Earth and Environment, Institute of Geophysics and Tectonics, Leeds, Wielka Brytania.

h) **01.08.2008 - 31.12.2009**: Pracownik badawczy, Computational Systems Biology, Department of Computer Science, University of Sheffield, Wielka Brytania.

i) **01.01.2010 – 31.07.2010**: “External Visitor” w Department of Computer Science, University of Sheffield, Wielka Brytania.

j) **01.10.2010 – 31.12.2012**: Adiunkt w Zakładzie Metod Komputerowych w Instytucie Podstawowych Problemów Techniki PAN.

k) **12.02.2013 – aktualnie**: St. specjalista w Zakładzie Metod Komputerowych w Instytucie Podstawowych Problemów Techniki PAN.

### **3. Wykaz osiągnięć naukowo-badawczych**

#### **3.1. Liczba cytowań i h-index.**

Liczba cytowań moich prac wynosi 128 z czego 121 razy prace były cytowane przez innych autorów. H-index moich prac wynosi 8. Średnia liczba cytowań artykułów wynosi 9.85. Sumaryczny impact factor czasopism wynosi 17.045.

#### **3.2. Prace stanowiące jednotematyczny cykl publikacji.**

Sześć wymienionych poniżej artykułów pod wspólnym tytułem "Modelowanie numeryczne problemów sprzężonych wraz z paralelizacją" stanowi moje osiągnięcie naukowe.

A1, (1.2.2.1). E. Postek, Concept of an agent-stress model of a tissue, Technische Mechanik, 32, pp. 518-529, 2012; ISSN 0232-3869.

A2, (1.1.2.2). EW. Postek, RW. Lewis, DT. Gethin, Finite element modelling of the squeeze casting process, International Journal of Numerical Methods for Heat and Fluid Flow, 18, 3-4, pp. 325-355, 2008.

A3, (1.1.2.4). RW. Lewis, EW. Postek, ZQ. Han, DT. Gethin, A finite element model of the squeeze casting processes, International Journal of Numerical Methods for Heat and Fluid Flow, 16, pp. 539-572, 2006.

A4, (1.1.2.6). EW. Postek, RW. Lewis, DT. Gethin, RS. Ransing, Influence of initial stresses on the cast behaviour during squeeze forming processes, Journal of Materials Processing Technology, 159, 338-346, 2005.

A5, (1.1.2.9). J. Rojek, OC. Zienkiewicz, E. Oñate, E. Postek, Advances in FE explicit formulation for simulation of metalforming processes, Journal of Materials Processing Technology, vol. 119/1-3, pp. 41-47, December, 2001.

A6, (1.1.2.10). J. Rojek, E. Oñate, E. Postek, Application of explicit FE codes to simulation of sheet and bulk metal forming processes, Journal of Material Processing Technology, vol. 80-81, pp. 620-627, 1998.

#### **3.3. Omówienie cyklu artykułów stanowiących osiągnięcie naukowe.**

1. Głównym celem przedstawionego cyklu artykułów było rozwinięcie metodologii rozwiązania naprzemiennego układów równań sprzężonych w termomechanice wraz z ich zrównolegleniem oraz ze wskazaniem możliwości uogólnienia przedstawionej metodologii na inne problemy sprzężone, w których możliwe jest jej zastosowanie.

2. Omówienie poszczególnych artykułów.

A6. J. Rojek, E. Oñate, E. Postek, Application of explicit FE codes to simulation of sheet and bulk metal forming processes, Journal of Material Processing Technology, vol. 80-81, pp. 620-627, 1998.

W pracy przedstawione zostało zastosowanie opracowanego przez autorów, własnego programu komputerowego Stampack do symulacji procesów kształtowania metali. Wzięte zostały pod uwagę procesy tłoczenia blach oraz kucia. W programie tym zastosowany został jawny algorytm całkowania nieliniowego równania ruchu. W pracy użyte są dwa typy elementów skończonych, a mianowicie element powłokowy BST (Basic Shell Triangle) oraz element o czterech węzłach dla płaskiego stanu naprężenia.

W artykule przedstawiony został nowy model konstytutywny termomechaniczny. Rozwinięty został model hypersprężysty przedstawiony w pracach: J.C. Simo, M.Ortiz, A unified approach to finite deformation elastoplastic analysis based on the use of hyperelastic constitutive relations, *Comput. Meth. Appl. Mech. Eng.* 49 (1985) pp. 221-245 oraz C.Garcia Garino and J. Oliver, A numerical model for elastoplastic large strain problems, in DRJ. Owen et al (Eds.), *Computational Plasticity*, 1992, pp. 117-129. Model ten został rozszerzony w kierunku uwzględnienia odkształceń termicznych.

Wzięte zostało pod uwagę stowarzyszone prawo płynięcia wraz z warunkiem plastyczności Hubera-Misesa. Istotnym tutaj krokiem było przyjęcie stosowanej do tej pory dla problemów quasi-statycznych funkcji plastyczności uwzględniającej nie tylko wzmocnienie materiału, a także jego osłabienie spowodowane wzrostem temperatury.

Jednym z problemów testowych, który został przedstawiony w artykule było kucie cylindrycznej próbki. Jest to obecnie przykład standardowy. Test ten został wykonany dla dużych odkształceń plastycznych. Skrócenie walca pod naciskiem idealnie sztywnej powierzchni wynosi 60%. Porównane zostały wyniki otrzymane przy użyciu programu Abaqus, w którym zastosowana została niejawna technika całkowania nieliniowego równania równowagi z wynikami otrzymanymi przy pomocy programu Stampack. Wyniki te charakteryzuje bardzo dobra zgodność. Dalej rozważony został efekt osłabienia termicznego. Biorąc pod uwagę te same warunki procesu kucia otrzymane zostały większe plastyczne odkształcenie efektywne przy niższej temperaturze niż w rozważonym wcześniej przypadku, w którym było brane pod uwagę osłabienie termiczne.

Moim osobistym wkładem w pracę było opracowanie koncepcji rozwinięcia programu Stampack posługującego się jawnym schematem całkowania równań ruchu na problemy termomechaniczne oraz rozwinięcie omówionego modelu konstytutywnego na problemy z osłabieniem termicznym wraz z jego implementacją w programie o jawnym schemacie całkowania równań ruchu co było elementami nowymi.

A5. J. Rojek, OC. Zienkiewicz, E. Oñate, E. Postek, Advances in FE explicit formulation for simulation of metalforming processes, *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 119/1-3, pp. 41-47, December, 2001.

W pracy przedstawione został rozwój sformułowania jawnego całkowania nieliniowego równania ruchu odpowiedniego dla procesów kształtowania części metalowych. Procesy te wymagają stosowania równań konstytutywnych ważnych dla dużych odkształceń plastycznych. Algorytmy dla sformułowania jawnego są bardzo wygodne do analiz procesów tłoczenia i kucia z uwagi na krótkotrwałość tych procesów.

W pracy pokazane zostały nowe sformułowania znajdujące zastosowanie w procesach kucia. Opisane zostało znaczące rozszerzenie programu Stampack pokazanego w pracy A6.

Ważnym rozszerzeniem jest implementacja nowego sformułowania dla całkowania jawnego będącego z kolei modyfikacją algorytmu "Characteristics Based Split, CBS" czyli rozdzielenia równań zgodnie z charakterystykami wprowadzonego przez OC. Zienkiewicz, P. Nithiarasu, R. Codina, M. Vazquez, P. Ortiz, "The characteristic-based-split procedure: an efficient and accurate algorithm for fluid problems", *Int. J. Numer. Meth. Fluids*, 31, pp. 359-392, 1999. Sformułowanie jawne było pracą autorów artykułu. W chwili opublikowania

artykułu program Stampack był pierwszym kodem gdzie zastosowany był jawny algorytm całkowania równań ruchu dla problemów mechaniki ciała stałego, w którym algorytm ten został wprowadzony. W szczególności dotyczy to elementów trójkątnych i czworościennych o liniowych funkcjach kształtu. Rozszerzenia dotyczą również nowego modelu konstytutywnego termomechanicznego przedstawionego w pracy (A6) na pełną analizę trójwymiarową.

Moim głównym osiągnięciem było rozszerzenie programu Stampack dla problemów kucia na trzy wymiary wykorzystując naprzemienny schemat całkowania równań sprzężonych. Rozszerzenie kodu na trzy wymiary dokonane zostało na podstawie metodologii przedstawionej w pracy (A6). Na tych podstawach zostało dokonane rozszerzenie programu o algorytm CBS (przez współautora dr Jerzego Rojka). Dokonałem również porównania efektywności całkowania jawnego w porównaniu z niejawnym dla procesów kucia przy zastosowanych modelach konstytutywnych. Całkowanie jawne okazało się zdecydowanie bardziej efektywne od niejawnego. Możliwa jest pewna utrata dokładności. Jednak szybkie wykonanie obliczeń umożliwia analizę wielu wariantów układu, a to z kolei ułatwia projektowanie i stosowanie w nim takich technik jak szybkie prototypowanie. Po uzyskaniu prototypu można sprawdzić model stosując całkowanie niejawne. Rozważania te były rzeczami nowymi.

A4. EW. Postek, RW. Lewis, DT. Gethin, RS. Ransing, Influence of initial stresses on the cast behaviour during squeeze forming processes, Journal of Materials Processing Technology, 159, 338-346, 2005.

Głównym celem artykułu było przedstawienie wpływu naprężeń początkowych na zachowanie odlewów podczas odlewania ciśnieniowego. Zadanie jest niestacjonarne i do jego rozwiązania potrzebne jest rozwiązywanie dwóch problemów, a mianowicie nieliniowego równania równowagi oraz równania termicznego z uwagi na proces stygnięcia materiału i związanej z tym przemiany fazowej. Naprężenia są powodowane ciśnieniem zewnętrznym oraz obciążeniem termicznym. Wpływ tych naprężeń jest uwidoczniiony poprzez uwzględnienie w nieliniowym równaniu równowagi macierzy naprężeń wstępnych (geometrycznej). Problem został sformułowany w uaktualnionej konfiguracji Lagrange'a. Zadanie jest rozwiązywane przy zastosowaniu naprzemiennego schematu całkowania układu równań sprzężonych. Zarówno równanie równowagi jak i równanie termiczne zdyskretyzowane są metodą elementów skończonych. Problem mechaniczny określony został jako lepko-sprężysto-plastyczny w dużych przemieszczeniach. Rozwiązanie problemu mechanicznego odbywa się techniką przyrostową stosując schemat Newtona-Raphsona. Równanie termiczne całkowane jest techniką Crank-Nicholsona. Ze względu na przemianę fazową powodującą nieciągłość równania zastosowana została też technika entalpii.

Uwzględniona została również szerokość luki powstającej między odlewaną częścią o formą co jest spowodowane kurczeniem się odlewu. Wielkość tej luki ma istotny wpływ na szybkość powstawania fazy stałej. Obserwując obszary gdzie powstawała faza stała stwierdzony został istotny wpływ naprężeń wstępnych, które to były uwzględnione przez macierz geometryczną. Okazuje się, że faza stała powstaje szybciej w warunkach odlewania pod ciśnieniem niż podczas odlewania swobodnego. Jednak uwzględnienie w modelu obliczeniowym nieliniowej geometrii czyli włączenie do nieliniowego równania równowagi macierzy geometrycznej powoduje, że faza stała tworzy się wolniej niż w przypadku pominięcia efektu naprężeń wstępnych. Tłumaczymy ten fakt różną wielkością tworzącej się luki między częścią odlewaną a formą. Od wielkości tej luki zależy wielkość współczynnika przewodzenia ciepła dla warstwy między częścią odlewaną a formą. Wnioskiem z tego

wynikającym jest, że nie należy problemów odlewania ciśnieniowego formułować w małych przemieszczeniach zaniehbując wpływ macierzy sztywności geometrycznej.

Moimi głównymi osiągnięciami było opracowanie programu komputerowego dla niestacjonarnych termomechanicznych sprężysto-lepko-plastycznych problemów sprzężonych wykorzystującego wyżej podane założenia, opracowanie przykładów numerycznych oraz pokazanie powyższych zjawisk na przykładzie wytwarzanego w przemyśle elementu. Istotnym nowym elementem było stwierdzenie, że podczas analizy numerycznej procesów odlewania ciśnieniowego nie należy zaniehbować wpływu macierzy sztywności geometrycznej (naprężeń wstępnych).

A3. RW. Lewis, EW. Postek, ZQ. Han, DT. Gethin, A finite element model of the squeeze casting processes, *International Journal of Numerical Methods for Heat and Fluid Flow*, 16, pp. 539-572, 2006.

W artykule przedstawione zostało dalsze rozwinięcie sprzężonego modelu termomechanicznego przedstawionego w pracy (A4). W pracy rozważone zostało napełnianie form, wpływ niedokładności geometrycznych i związane z nimi koncentracje naprężeń, powstawanie fazy stałej podczas swobodnego napełniania form opisanej modelem mikrostrukturalnym oraz powstawanie fazy stałej w trakcie stygnięcia części w wypełnionej formie opisane tym samym modelem. Dodatkowo model z pracy (A4) rozszerzony został o mikrostrukturalny model przemiany fazowej.

Modelowanie składało się z dwóch zasadniczych części, którymi były model napełniania formy pod ciśnieniem oraz model termomechaniczny stygnięcia wyrobu również pod ciśnieniem. Praca była krokiem do pełnego opisu problemu sprzężonego jakim jest składający się z dwóch faz czyli napełniania i formowania proces odlewania ciśnieniowego.

Płynny metal opisany jest równaniem Naviera-Stokesa z warunkiem nieściśliwości. Ruch powierzchni swobodnej opisany jest równaniem adwekcji z funkcją pseudo-koncentracji. Ruch tłoka wymusza ruch płynu i zmienia dziedzinę na której określone są równania dynamiki płynów. W celu analizy tego problemu zastosowany jest opis w uogólnionej konfiguracji Lagrange'a-Eulera (ALE). Układ równań zdyskretyzowany jest metodą elementów skończonych. Na tym etapie podejście to umożliwia uchwycenie wpływu takich czynników jak powstawanie pustek powietrznych.

W dalszym ciągu przedstawione zostało swobodne napełnianie form przy zastosowaniu wyżej opisanego modelu wzbogaconego o równanie termiczne co umożliwia śledzenie powstawania fazy stałej. Użyty tutaj został ten sam model mikrostrukturalny co dla problemu termomechanicznego. Dokonane zostało rozszerzenie zakresu stosowania przedstawianego modelu mikrostrukturalnego na płyny. Zatem mamy tutaj zadanie sprzężone typu płyn-temperatura-rozwój mikrostruktury. Równanie termiczne całkowane jest jawnie.

Moim osobistym wkładem było opracowanie koncepcji rozszerzenia modelu termomechanicznego przedstawionego w artykule (A4) o zastosowanie mikrostrukturalnego modelu przemian fazowych. Następnie dokonałem rozszerzenia modelu napełniania form również o mikrostrukturalny model przemian fazowych. Dokonałem również implementacji komputerowej obu koncepcji. Zastosowałem metodę entalpii co było nowością dla modelu mikrostrukturalnego przemian fazowych. Nowością było też zastosowanie tego samego modelu mikrostrukturalnego przemian fazowych zarówno dla analizy płynnego metalu jak i analizy procesu termomechanicznego.

A2. EW. Postek, RW. Lewis, DT. Gethin, Finite element modelling of the squeeze casting process, *International Journal of Numerical Methods for Heat and Fluid Flow*, 18, 3-4, pp. 325-355, 2008.

W artykule przedstawiony został dalszy rozwój modelu numerycznego procesów odlewania ciśnieniowego. Dla problemu termomechanicznego zastosowany został schemat rozwiązania naprzemiennego podobnie jak we wcześniejszych pracach. Schemat ten został również zastosowany dla problemu powstawania fazy stałej w cieczy jaką jest płynny metal.

Schemat naprzemienny dla problemu termomechanicznego został zrównoleglony. Uwzględniając ten schemat oddzielnie rozwiązywane były układy równań związane z zadaniem termicznym i mechanicznym.

Przedstawione zostało szereg przykładów numerycznych ilustrujących możliwości opracowanych programów numerycznych. Przeprowadzone zostały symulacje procesów wytwarzania dla elementów, które były produkowane w firmie GKN Squeezeform.

Przykład pierwszy dotyczy zadania napełniania formy swobodnego i pod ciśnieniem. Obserwowane było tworzenie się fazy stałej. Geometria układu stanowi odlewaną część zaworu. Wskazane są różnice w rozkładach temperatur, tworzeniu się fazy stałej podczas napełniania swobodnego i pod ciśnieniem.

Przykład drugi dotyczy kształtowania części wykonanej ze stopu aluminium. Część tą stanowi koło wozu bojowego. Geometria koła dostarczona przez firmę GKN Squeezeform w postaci rysunków wykonanych w programie CAD/CAM ProEngineer. W dalszym ciągu umożliwiło to odtworzenie geometrii całego układu, w którego skład wchodzi tłok, forma oraz płynny stop aluminium.

Uwzględniony również został układ kanałów chłodzących w formie i tłoku. Układ był obliczany jako obrotowo-symetryczny. Obliczenia tego układu składały się z dwóch faz, a mianowicie kształtowania materiału podczas napełniania formy oraz fazy chłodzenia. Podczas symulacji kształtowania części określony został rozkład temperatur w trakcie formowania. W dalszym ciągu po wypełnieniu formy badana była faza chłodzenia.

Przykład trzeci i czwarty ilustrują możliwości wersji równoległej opracowanego przeze mnie programu termomechanicznego przedstawionego w pracach (A3, A4), w którym zastosowane zostało rozwiązanie naprzemiennie i równoległy moduł rozwiązywania układów równań rozproszonych MUMPS (Multifrontal Massively Parallel Sparse direct solver). Moduł MUMPS jest wywoływany zarówno dla problemu termicznego jak i mechanicznego. Analizowany w przykładach system jest również używany do wytwarzania elementu wykonywanego przemysłowo.

Moim osobistym wkładem było opracowanie koncepcji równoległego rozwiązania problemu termomechanicznego z jego implementacją, opracowanie przykładów numerycznych. Nowymi rzeczami było zrównoleglenie schematu naprzemiennego w połączeniu z zastosowaniem multifrontalnego modułu rozwiązywania układów równań liniowych oraz pokazanie przydatności quasi-statycznego podejścia z zastosowaniem uogólnionej konfiguracji Lagrange'a Eulera (ALE) do modelowania procesów ciśnieniowego napełniania form.

A1. E. Postek, Concept of an agent-stress model of a tissue, Technische Mechanik, 32, pp. 518-529, 2012; ISSN 0232-3869.

W pracy rozwinięta została koncepcja rozszerzenia zastosowania modelu naprzemiennego całkowania równań na nową metodę agentowo-naprężeniową wzrostu tkanki. Z jednej strony mamy model agentowy wzrostu kolonii komórek, który zawiera cykl komórkowy, a z drugiej strony mamy model mechaniczny umożliwiający wyznaczenie stanu naprężenia w tkance.

Każda z komórek traktowana jest jako niezależny agent. W trakcie cyklu komórkowego komórki dzielą się, różnicują, migrują, giną. Kolonia komórek składa się z komórek macierzystych, przejściowo proliferujących, rezerwuarów tkankowych oraz komórek martwych. W przypadku naskórka komórki martwe są korneocytami.

W artykule przedstawione zostały przykłady ilustrujące fakt, że zmiana konfiguracji poszczególnych komórek w warstwie tkanki powoduje zmianę stanu całej warstwy. Taką zmianą konfiguracji mogą być wzrost poszczególnych komórek, zmiana pola przekroju mikrotubuli i aktynów, a także zmiana ich sztywności. Ponieważ komórki podlegają regułom cyklu komórkowego to w czasie ich życia zmieniają swój stan, a zatem i własności mechaniczne co powoduje, że stany przemieszczenia, odkształcenia i naprężenia ewoluują w trakcie rozwoju tkanki. Fakt ten został udowodniony przy pomocy analizy wrażliwości. Ma to istotne znaczenie dla analizy zjawiska mechanotransdukcji.

W artykule w rozdziale dotyczącym przykładów numerycznych dotyczących analizy wrażliwości zajęto się obserwacją pól wrażliwości przemieszczeń na parametry projektowe zdefiniowane w taki sposób, aby były one związane z poszczególnymi komórkami lub grupami komórek. Badana była wrażliwość na grupy parametrów projektowych. Grupy parametrów projektowych są tak zdefiniowane by odzwierciedlać wpływ jednoczesnej zmiany długości wszystkich mikrotubul w pojedynczej komórce lub grupie komórek.

Potrzebne obliczenia wykonałem przy pomocy opracowanego przez mnie oryginalnego programu komputerowego do analizy wrażliwości wstępnie sprężonych lepko-sprężystych konstrukcji prętowo-ciężnowych. Szczególnymi cechami tego programu są możliwość grupowania parametrów projektowych, usuwania grup komórek w trakcie analizy, a także ich dołączania. W programie zaimplementowany jest równoległy moduł rozwiązywania układów równań rozproszonych MUMPS (Multifrontal Massively Parallel Sparse direct solver, <http://graal.ens-lyon.fr/MUMPS/> ). Umożliwia to równoległe rozwiązywanie nieliniowego równania równowagi oraz przy wykorzystaniu tej samej już ztriangulowanej macierzy sztywności rozwiązanie równania na wrażliwość dla wielokrotnych prawych stronych uzyskiwanych podczas różniczkowania wektora sił wewnętrznych na końcu kroku przyrostowego po wykonaniu iteracji dla schematu Newtona-Raphsona.

W szczególności program ten ilustruje dwie nowe rzeczy w stosunku do uważanej za klasyczną książki Kleiber M.; Antunez H.; Hien T.D.; Kowalczyk P.: Parameter Sensitivity in Nonlinear Mechanics: Theory and Finite Elements. Wiley & Sons, 1997. Mianowicie, dotyczą one stosowania grup parametrów projektowych oraz równoległej implementacji obliczania gradientów wrażliwości dla układów nieliniowych.

Podsumowując, elementami nowymi było przedstawienie przydatności rozwinięcia schematu naprzemiennego na nową metodę agentowo-naprężeniową analizy wzrastającej tkanki oraz koncepcja i równoległa implementacja algorytmu metody różniczkowania bezpośredniego (DDM) dla analizy wrażliwości dla układów nieliniowych.

### 3) Podsumowanie

Podsumowując, jako najważniejsze uznałbym następujące punkty:

- Rozwinięcie sprężysto-plastycznego modelu konstytutywnego sformułowanego w dużych odkształceniach uwzględniającego efekt osłabienia termicznego wraz z jego implementacją komputerową (A6).
- Zastosowanie całkowania jawnego dla problemu termomechanicznego kucia co umożliwia istotne przyspieszenie obliczeń w porównaniu z całkowaniem niejawnym (A6, A5) i w rezultacie czyni możliwym stosowanie tego typu symulacji w projektowaniu.
- Wskazanie na konieczność uwzględniania wpływu efektu naprężeń wstępnych, który powoduje w stosunku do sytuacji gdy efekt ten jest zaniedbany zmianę obliczonej szerokości rozwarcia szczeliny między odlewem a formą, na ewolucję przemian fazowych podczas tłoczenia ciśnieniowego (A4).

- Sprzężenie problemów przepływu płynu z problemem termicznym co pozwala na rozważanie przemian fazowych na poziomie mikrostruktury (A3, A2).
- Równoległe rozwiązywanie sprzężonych problemów termicznego i mechanicznego (A2).
- Zastosowania przemysłowe stanowiące ilustrację przyjętych metodologii (A2, A3, A4, A5, A6).
- Wskazanie możliwości i przydatności rozwinięcia schematu naprzemiennego na nową metodę agentowo-naprężeniową analizy stanu naprężenia we wzrastającej tkance (A1).
- Koncepcja i równoległa implementacja algorytmu metody różniczkowania bezpośredniego (DDM) obliczania gradientów wrażliwości dla układów nieliniowych (A1).

Chciałbym oddać szacunek osobom, z którymi współpracowałem, których oświadczeń nie mogę załączyć ponieważ odeszły: prof. Olgierdowi C. Zienkiewiczowi, prof. Markowi Klisińskiemu, prof. Janowi Karczewskiemu i dr Joannie Sokół-Supel.

### **3.4. Wyróżnienia.**

#### **3.4.1. Wyróżnienia uzyskane po obronie pracy doktorskiej.**

3.4.1.1. Wizyta w High Performance Computing Centre Stuttgart (6 tygodni), projekt HPC-Europa (15 maja - 30 czerwca 2012) <http://www.hpc-europa.eu/> (osoba przyjmująca - Prof. S. Schmauder, University of Stuttgart, Institute of Materials Testing, Materials Science and Strength of Materials).

3.4.1.2. Grant na konferencję przyznany przez Royal Academy of Engineering; US Congress on Computational Mechanics, Columbus, Ohio, 15-20 July, 2009, <http://usnccm-10.eng.ohio-state.edu/>.

3.4.1.3. Wizyta w High Performance Computing Centre Stuttgart (6 tygodni), project HPC-Europa (15 maja - 27 czerwca 2009) <http://www.hpc-europa.eu/> (przyjmujący - Prof. S. Schmauder, University of Stuttgart, Institute of Materials Testing, Materials Science and Strength of Materials).

3.4.1.4. Najlepszy artykuł w roku 2006 (z RW. Lewis, DT. Gethin and ZQ. Han), nagroda nadawana przez Emerald Publishing House; RW. Lewis, EW. Postek, ZQ. Han, DT. Gethin, (2006) "A finite element model of the squeeze casting processes", International Journal of Numerical Methods for Heat and Fluid Flow, 16, pp. 539-572.

3.4.1.5. Grant na konferencję przyznany przez International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior, IASPEI (<http://www.seismo.com/iaspei>), 10<sup>th</sup> International Workshop on Modelling of Mantle Convection and Litospheric Dynamics, Carry-le-Rouet, France, September 2007.

3.4.1.6. Wizyta w Laboratoire d'Informatique Paris 6 (8 tygodni), projekt HPC-Europa (wrzesień-październik 2004). Osobą przyjmującą była prof. Fabienne Jezequel.

3.4.1.7. Nagroda Rektora Politechniki Warszawskiej za pracę naukową, 1999.



### **3.4.2. Wyróżnienia uzyskane przed uzyskanie stopnia doktora.**

3.4.2.1. Grant promotorski przyznany przez KBN na ukończenie pracy doktorskiej pt. „Numeryczna analiza wrażliwości dużych nieliniowych układów konstrukcyjnych”, 1995-1996 (promotor – prof. dr hab. inż. Michał Kleiber).

3.4.2.2. Stypendium Fulbrighta (junior) w USA (pół roku), 1987.

3.4.2.3. Wyróżnienie PZiTb za pracę „Analiza pracy łożysk dźwigarów głównych w przęsłach skrajnych mostu im. Księcia Józefa Poniatowskiego”, 1987, dla zespołu, T. Nawrot, E. Postek, G. Woźniak, P. Kapela, P. Kamiński (kierownik zespołu – Doc. Tadeusz Nawrot). Załączyłem kopię dyplomu.

3.4.2.4. Wyróżnienie PZiTb za pracę „Ocena przydatności do dalszej eksploatacji Stalowych przęseł mostu drogowego w Dęblinie”, 1987, dla zespołu T. Nawrot, E. Postek, P. Kapela, P. Kamiński (kierownik zespołu – doc. dr inż. Tadeusz Nawrot). Załączyłem kopię dyplomu.

### **3.5. Inne ważniejsze osiągnięcia naukowe i zawodowe.**

#### **3.5.1. Osiągnięcia przed ukończeniem pracy doktorskiej.**

3.5.1.1. Opracowanie programu komputerowego ST do obliczeń konstrukcji z elementami wymiarowania konstrukcji stalowych (przełom lat osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych).

Program był opracowany wraz mgr inż. Piotrem Kapelą (60% udziału w rozwoju programu, swój udział oceniam na 40%). Udział mój polegał na implementacji elementów skończonych i analizy nieliniowej.

Program został wdrożony w prywatnej firmie projektowej Kapela i Pachowski (KiP) i ówczesznie istniejących biurach projektów Techmaprojekt, Miastoprojekt i Motoprojekt. Program też był wykorzystywany na Wydziale Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej w Instytucie Konstrukcji Budowlanych (IKB) PW w dydaktyce. Przy jego pomocy studenci wykonywali obliczenia potrzebne do ich prac magisterskich. Te ostatnie prowadzone były przez współautora programu mgr inż. Piotra Kapelę.

3.5.1.2. Udział w projekcie dotyczącym analizy budynku osłonowego elektrowni jądrowej w latach 1993-1994.

Mój wkład osobisty w projekt polegał na opracowaniu modelu obrotowo-symetrycznego żelbetowej konstrukcji budynku osłonowego reaktora o wysokości 64 m i średnicy 40 m z uwzględnieniem warstw zbrojenia i stalowego płaszcza wewnętrznego. Do modelowania betonu użyty został model uszkodzeń natomiast do modelowania stali model sprężysto plastyczny. Wykonałem obliczenia statyczne i dynamiczne konstrukcji dla szeregu scenariuszy wzrostu ciśnienia wewnętrznego. Dokonałem również walidacji oprogramowania. Jestem współautorem trzech raportów na te tematy. Pracę przedstawiłem na 30<sup>th</sup> Polish Solid Mechanics Conference w Zakopanem w roku 1994 (pozycja 5.1.2 w wykazie publikacji). W późniejszym okresie wykorzystałem przykład w mojej pracy doktorskiej dotyczącej analizy wrażliwości dużych nieliniowych układów konstrukcyjnych modelując ją warstwowymi elementami powłokowymi.



Załączyłem zaświadczenie dotyczące mojego udziału w tych pracach i pobycie na stażu na Universidad Politecnica de Catalunya w Barcelonie.

3.5.1.3. Udział w projektach dotyczących analizy masztu radiowego w Gąbinie po jego awarii oraz koncepcji budowy nowego masztu w latach 1991/1992.

Wykonane zostały trzy opracowania na zlecenie ówczesnego Ministerstwa Komunikacji (pozycje 7.1.4, 7.1.5 i 7.1.6 wykazu prac).

Opracowanie dotyczyło analizy uproszczonej przestrzennej konstrukcji masztu radiowego o wysokości 646 m. Konstrukcja analizowana była jako układ przestrzenny cięgnowo-belkowy. Uproszczenia wynikały z konieczności analizy kilkudziesięciu wariantów konstrukcji. Numerycznie badane było zachowanie masztu podczas zwalniania wymienianego odciągu i zastępowaniu go przez inny zakładany prowizorycznie. Odciąg zakładany prowizorycznie miał umożliwić wymianę odciągu uznanego za zużyty. Podczas tej wymiany doszło do katastrofy.

Moim osobistym wkładem w pierwszą z prac była analiza poszczególnych odciągów, która pozwoliła na określenie wstępnych sił w odciągach dla modeli trójwymiarowych (zarówno belkowych jak i ramowych uwzględniających wszystkie elementy konstrukcji masztu) oraz udział w opracowywaniu wyników.

Pozostałe dwa raporty dotyczyły obliczeń konstrukcji masztu jako systemu trójwymiarowego będącego konstrukcją ramowo-cięgnową. Trzon masztu był również modelowany jako konstrukcja trójwymiarowa. Moim osobistym wkładem było wykonanie większości obliczeń i opracowanie wyników. W szczególności dotyczyło to trzeciego z raportów.

Załączyłem pierwszy z wymienionych raportów. Pracę przedstawiłem na XI Polish Conference on Computer Methods in Mechanics, w Kielcach w 1993 roku (pozycja 2.1.1 w wykazie publikacji).

3.5.1.4. Patent No. **PL 146015 B1** "Konstrukcja ochrony i wzmocnienia płaszcza komina stalowego" (certifikat No. 245719), Polskie Biuro Patentowe (z T. Nawrot, PA. Kamiński), punkt 6 w wykazie prac. Załączony został wydruk z bazy polskich patentów.

### 3.5.2. Osiągnięcia po ukończeniu pracy doktorskiej.

3.5.2.1. Opracowanie programu komputerowego do obliczeń cyklu sejsmicznego

Głównym efektem mojej pracy jako „Research Fellow in Computational Geodynamics” w Institute of Geophysics and Tectonics na Uniwersytecie w Leeds było rozszerzenie programu komputerowego służącego oryginalnie do analizy niestabilności Rayleigha-Taylor’a o szereg modeli lepkosprężystości. Niestateczność Rayleigha-Taylor’a występuje na niektórych obszarach powierzchni Ziemi. Przykładem jest obszar Niziny Panońskiej gdzie występuje silne pocienienie skorupy ziemskiej na samym terenie niziny oraz głęboka penetracja w niektórych obszarach obrzeży co powoduje ogólną niestabilność obszaru i jest przyczyną silnych wstrząsów sejsmicznych. Modele lepkosprężyste służą do badania cyklu sejsmicznego. Pierwsza grupa modeli to uogólniony model Maxwella (pojedyncza sprężyna oraz szereg układów sprężyna i tłumik połączonych równolegle) z nieliniowością geometryczną. Drugą grupę modeli stanowią nieliniowe modele Maxwella, w których tłumik posiada charakterystykę nieliniową i zawiera efekty wzmocnienia względem czasu, wzmocnienie odkształceniowe i wpływ temperatury. Dokonałem implementacji równoległej. Program ten działał na 1024 rdzeniach. W zasadzie całą pracę wykonałem na komputerach w



Edinburgh Parallel Computing Centre na Uniwersytecie w Edynburgu. Używałem systemu IBM eServer 575, <http://www.hpcx.ac.uk/>.

W ten sposób przy pomocy tego samego programu można również teraz analizować cykl sejsmiczny. Szczególnie istotne jest śledzenie ewolucji kształtu powierzchni skorupy ziemskiej w trakcie cyklu sejsmicznego bowiem zmiana jej kształtu jest uważana za jeden z prekursorów wystąpienia wstrząsu co w dalekiej, lecz przewidywalnej przyszłości w połączeniu z coraz to lepszymi technikami obserwacyjnymi może doprowadzić do przewidywania możliwości jego wystąpienia. Jest to jedna z istotnych hipotez badawczych w środowisku osób zajmujących się tektonofizyką.

Załączyłem plakaty, które przedstawiałem na konferencjach Europejskiej Unii Geofizycznej (2 razy) w Wiedniu (poz. 5.2.15, 5.2.17), konferencji International Association of Seismology and Physics of Earth Interior w Carry-le-Rouet we Francji (poz. 5.2.18), konferencji International Union of Geophysics and Geodesy w Perugii we Włoszech (poz. 5.2.19), a także w Centre for the Observation and Modelling of Earthquakes and Tectonics (COMET) w Oxford University (poz. 5.2.16). Na konferencjach tych prezentowałem rozwój programu oraz modeli służących analizie cyklu sejsmicznego.

### 3.5.2.2. Opracowanie modelu numerycznego przepływu w piecu do ciągłej redukcji wzbogaconej rudy żelaza.

Podczas stażu w Luleå Tekniska Universitat opracowałem model numeryczny przepływu materiału sypkiego w obrotowo-symetrycznym prototypowym piecu służącym do ciągłej redukcji wzbogaconej rudy żelaza (projekt poz. 8.2.8). Proces technologiczny polegał na zaopatrywaniu piec we wzbogaconą rudę w formie ziaren, a następnie w trakcie ich przepływu dostarczane było ciepło, tlen oraz dodatki. W efekcie otrzymywać się miało ziarna żelaza.

Struktura była modelowana przy pomocy obrotowo-symetrycznej wersji programu SILO, w którym nieliniowe dynamiczne równanie równowagi było opisane w układzie Eulera. Konstrukcja obciążona była ciężarem własnym ziaren oraz temperaturą. Uwzględnione było tarcie materiału o ściany urządzenia. Celem ustalenia własności materiałowych przeprowadzone były badania doświadczalne w laboratorium w LTU. Zastosowany był model Druckera-Pragera. Zadanie przepływu materiału składało się z trzech faz, a mianowicie fazy sprężystej, fazy pełzania i fazy płynięcia. Ponieważ problem jest niestacjonarny używana była metoda relaksacji dynamicznej tak by móc obserwować ustabilizowany już przepływ materiału.

Moim osobistym wkładem było wykonanie wszystkich obliczeń oraz opracowanie raportu końcowego (poz. 7.2.2 wykazu prac). Praca nie została opublikowana ponieważ firma Daniela Arex zastrzegła wówczas, że nie można jej nigdzie przedstawiać bowiem był to prototyp technologii, która z kolei była przedmiotem patentu tej firmy.

### 3.5.2.3. Opracowanie modelu numerycznego eksploatacji złoża rudy żelaza w Kirunie.

W trakcie pracy w Luleå Tekniska Universitat opracowałem model numeryczny eksploatacji materiału jakim była ruda żelaza w kopalni w Kirunie posługując się analogią do przepływu materiału sypkiego w silosie (projekt poz. 8.2.7). Zastosowanie takiej analogii było możliwe z uwagi na sposób eksploatacji rudy. Eksploatowana część złoża ma przekrój zwięzającego się ku dołowi trapezu. Eksploatacja odbywa się metodą zawałową. Ruda wybierana jest spod złoża i transportowana do zakładu wzbogacania. Powoduje to stały przepływ materiału ku dołowi. Problemem jest nacisk wywierany na ściany złoża co powoduje możliwość powstania

zjawisk sejsmiczności indukowanej. Podobnie jak poprzednio rozwiązanie odbywało się w trzech fazach i stosowana była metoda relaksacji dynamicznej by obserwować ustabilizowany przepływ materiału. W wyniku obliczeń otrzymane zostały ciśnienia styczne i normalne działające na brzegach złoża dla różnych wariantów geometrii. Model kopalni i złoża jest modelem oryginalnym. Zjawiska przyrodnicze ukształtowały specyficzne złożę, w postaci wychodzącej na powierzchnię soczewki, a metoda eksploatacji została do niego tak dostosowana by wydobyć było efektywne tworząc unikatowy system w naszym świecie.

Praca była wykonana na zlecenie przedsiębiorstwa Luossavaara Kiirunavaara AB. Załączyłem artykuł przedstawiony na konferencji w Porsgrunn w Norwegii (poz. 2.2.27). Z uwagi na jakość odbitek załączyłem manuskrypt.

Moim osobistym wkładem było przygotowanie modelu, wykonanie obliczeń i przygotowanie raportu końcowego. Koncepcja rozwiązania powstała w wyniku dyskusji ze współautorami.

### **3.5.3. Ważniejsze artykuły opublikowane po obronie pracy doktorskiej nie należące do tytułowego cyklu publikacji.**

S1, (1.3.2.3). M. Giżejowski, E. Postek, Modelowanie zachowania ram stalowych z węzłami półsztywnymi, Inżynieria i Budownictwo, 11, pp. 645-651, 1999, ISSN 0021-0315.

S2 (1.3.2.4). M. Giżejowski, J. Karczewski, E. Postek, Badania ram przestrzennych z węzłami półsztywnymi – doświadczalna weryfikacja modeli teoretycznych, Inżynieria i Budownictwo, 8, pp. 433-439, 2000, ISSN 0021-0315.

W powyższych artykułach przedstawione zostały rezultaty prac wykonanych w ramach projektu KBN „Komputerowo zorientowane modelowanie konstrukcji stalowych ze złączami półsztywnymi” (poz. 8.2.13 w wykazie prac). Wykonane w nim zostały badania doświadczalne oraz opracowane modele numeryczne konstrukcji ram stalowych o węzłach podatnych. Ramy były konstrukcjami o węzłach spawanych oraz łączonych na śruby. Konstrukcje modelowane były metodą elementów skończonych przy zastosowaniu elementów powłokowych. W modelach numerycznych uwzględniane były połączenia śrubowe o nieliniowych charakterystykach oraz powierzchnie kontaktu płyt czołowych w węzłach. Badane było zachowanie ram pod obciążeniem rosnącym monotonicznie oraz zmiennym. Opracowany również został model numeryczny służący obliczaniu stateczności ram posługując się analogią pręta Roorda. Zostało to zrealizowane drogą obliczenia obciążenia krytycznego, wartości i postaci własnych dla układu idealnego, następnie narzucenia imperfekcji zgodnych z postaciami własnymi na konstrukcję idealną i w końcu wykonaniu analizy przyrostowej.

Moim osobistym wkładem było opracowanie modelu trójwymiarowego tych konstrukcji, wykonanie obliczeń oraz współpraca podczas końcowego opracowania wyników. Załączyłem oświadczenie prof. Mariana Giżejowskiego.

S3 (1.2.2.2). M. Klisinski, CP. Luo, E. Postek, Discussion on applying linear weighting functions in a 2D quadratic element concerning contact problem, pp. 321-337, 10, 2003, Computer Assisted Mechanics and Engineering Sciences, ISSN 1232-308X.  
<http://cames.ippt.gov.pl/>

W artykule tym zostały przedstawione nowe element skończone, które mają swoje zastosowanie w strefach kontaktu. Standardowe elementy, w których zarówno funkcje

kształtu jak i funkcje wagowe są tymi samymi wielomianami drugiego stopnia dają w strefach kontaktu niegładkie, oscylujące naprężenia normalne i styczne. W opracowanych elementach zastosowane zostały liniowe, składowe funkcje wagowe co spowodowało, że naprężenia te stały się gładkimi. Ceną za wprowadzenie takich funkcji wagowych był brak symetrii macierzy sztywności elementów. Wyprowadzone zostały elementy trójkątne sześciowęzłowe i czworokątne ośmiowęzłowe. Elementy te zostały przetestowane na szeregu przykładach. Elementy zostały implementowane poprzez procedurę elementu użytkownika UEL w programie Abaqus.

Pomysł wykorzystania niegładkich funkcji wagowych należał do prof. Marka Klisińskiego. Z uwagi na bardzo ścisłą współpracę z doktorantem bardzo trudno jest dokładnie określić tutaj wkład osobisty. Jednak, szczególnie istotny był z mojej strony pomysł wykorzystania programu Abaqus, który dostarczał algorytmów kontaktu, bezpośrednia współpraca dotycząca każdego kroku implementacji algorytmu w procedurze UEL, dostarczenie przykładów do testowania (opracowanie testów), wykorzystanie działań symbolicznych oraz interpretacja wyników.

W dalszym ciągu koncepcja została rozszerzona przez obecnie dr Luo Choupinga oraz prof. Marka Klisińskiego na elementy trójwymiarowe, a także problemy sprężysto-plastyczne i stanowiła ona pracę doktorską dr Luo Choupinga.

Jestem zdania, że opracowanie nowych elementów stanowi interesujące osiągnięcie ponieważ podobne elementy, jednak zachowujące symetrię macierzy sztywności, zostały przez firmę Hibbit, Karlsson & Soerensen opatentowane (np. elementy C3D10M – trójwymiarowy dziesięciowęzłowy element tetrahedralny). Niestety, nie mogę przedstawić oświadczenia dr Luo Choupinga ponieważ nie znam jego aktualnego adresu i miejsca pracy.

S4, (1.2.2.4). M. Janas, J. Sokół-Supel, E. Postek, Arching action in slackened structures, Foundations of Civil and Environmental Engineering, Politechnika Poznańska, 1, pp. 97-109, 2002, ISSN 1642-9303.

W pracy został sformułowany problem nośności pokrytycznej pasm płytowych z luzami. Zastosowana została przybliżona metoda ekstrapolacji metod nośności granicznej na zagadnienia nieliniowe do oceny zachowania pasm płytowych z luzami. Opracowany został model numeryczny umożliwiający ocenę nośności takich konstrukcji. Model numeryczny może zostać rozszerzony na konstrukcje powłokowe. Sformułowanie analityczne należało do prof. Marka Janasa.

Współpracowałem z dr inż. Joanną Sokół-Supel przy opracowywaniu wspomnianego wcześniej modelu numerycznego. Jestem zdania, że opracowanie zweryfikowane przy pomocy przybliżonych metod modelu numerycznego dla analizy pokrytycznej jest interesującym osiągnięciem ponieważ umożliwia rozszerzenie stosowania tego modelu również na trudne do obliczeń metodami analitycznymi konstrukcje powłokowe. Załączyłem oświadczenie prof. Marka Janasa.

S5, (1.1.2.8). E. Postek, A. Siemaszko, M. Kleiber, Reliability study of a containment shell, pp. 179-203, 1, 40, 2002, Journal of Theoretical and Applied Mechanics, ISSN 1429-29-55.  
<http://www.ptmts.org.pl/jtam.htm>

W pracy przedstawiona została analiza niezawodności budynku osłonowego reaktora nuklearnego. Do określenia wskaźnika niezawodności użyta została metoda pierwszego rzędu (First Order Reliability Method – FORM) wymagająca obliczeń gradientów wrażliwości.

W obliczeniach wykorzystany został program komputerowy składający się z dwóch zasadniczych modułów. Pierwszym z nich jest moduł analizy wrażliwości umożliwiający

obliczanie gradientów wrażliwości dla warstwowych konstrukcji powłokowych ze zbrojeniem. Parametrami projektowymi mogą być grubości warstw zbrojenia w elemencie, odległość warstw zbrojenia od powierzchni środkowej powłoki, moduł Younga zbrojenia, moduł Younga materiału warstwy. Program ten został opracowany przeze mnie do obliczeń przykładów w mojej pracy doktorskiej. Drugim modułem jest program obliczający wskaźnik niezawodności używający gradientów wrażliwości pierwszego rzędu. Moduł ten stanowi program COMREL-TI. Program obliczający gradienty wrażliwości dostarcza je do programu COMREL-TI na każdym kroku procedury iteracyjnej. Opracowanie tego systemu jest moim osobistym wkładem w pracę. Analizowana w artykule konstrukcja była wcześniej przeze mnie badana w mojej pracy doktorskiej w aspektach nieliniowej analizy statycznej i analizy wrażliwości dużych nieliniowych układów konstrukcyjnych. Załączyłem oświadczenia prof. Michała Kleibera i dr Andrzeja Siemaszko.

S6 (1.3.2.2). E. Postek, M. Kleiber, Niezawodność dużych nieliniowych układów konstrukcyjnych - wybrane studium, *Przegląd Mechaniczny*, 5, str. 32-37, 2002, ISSN 0033-2259.

W pracy tej przedstawiona została analiza niezawodności tego samego układu konstrukcyjnego co w poprzedniej pracy. Jednak badany był wskaźnik niezawodności dla układu nieliniowego. Ograniczenie projektowe zostało narzucone na przemieszczenie poziome leżące pośrodku powierzchni bocznej części cylindrycznej. Zastosowany został także ten sam algorytm analizy niezawodności. Posługując się koncepcją elementu projektowego liczba parametrów projektowych została zredukowana do równej liczbie warstw zbrojenia. W przedstawionej analizie układ stochastyczny stanowił system zbrojenia oraz obciążenie ciśnieniem wewnętrznym. Uwzględnione zostały nieliniowe własności betonu i stali. Moduł analizy wrażliwości stanowił również program komputerowy, który opracowałem w celu obliczenia przykładów numerycznych do mojej pracy doktorskiej. Załączyłem oświadczenie prof. Michała Kleibera.

S7, (1.3.2.1). T. Sadowski, E. Postek, SJ. Hardy, Modelowanie polikrystalicznej ceramiki z warstwami międzyziarnowymi w stanach jednoosiowego rozciągania, *Eksploracja i niezawodność*, 4, str. 79-82, 2004, ISSN 1507-2711.

S8, (1.1.2.7). T. Sadowski, SJ. Hardy, E. Postek, Prediction of the mechanical response of polycrystalline ceramics containing metallic inter-granular layers under uniaxial tension, *Computational Material Science*, 34, 1, 46-63, 2005.

S9, (1.1.2.5). T. Sadowski, SJ. Hardy, EW. Postek, A new model for the time-dependent behavior of polycrystalline ceramic materials with metallic inter-granular layers under tension, *Materials Science and Engineering A: Structural*, 424, pp. 230-238, 2006.

S10, (1.1.2.3). T. Sadowski, EW. Postek, C. Denis, Stress distribution due to discontinuities in polycrystalline ceramics containing metallic inter-granular layers, *Computational Materials Science*, 39, pp. 230-236, 2007.

S11, (1.1.2.1). E. Postek, T. Sadowski, Assessing the Influence of Porosity in the Deformation of Metal-Ceramic Composites, *Composite Interfaces* 18 (2011) 57-76.

Prace powyższe układają się w ciąg publikacji. Nie stanowi on cyklu tytułowego. Artykuły zawierają pogłębioną analizę elementu RVE (reprezentatywnego elementu objętościowego)

odzwierciedlającą strukturę wewnętrzną badanej próbki materiału kompozytowego. Próbkę stanowił materiał  $Al_2O_3/Co$ .

W pracach tych skupiliśmy się na analizie rozciąganej próbki tego materiału dla zakładanych różnych modeli materiału będącego spoiwem. Zakładane było, że spoiwo jest sprężyste, sprężysto-lepko-plastyczne i sprężysto-plastyczne. Dla nośności materiałów kompozytowych istotne znaczenie ma wpływ różnego rodzaju niedokładności w tworzących je materiałach. Zatem badany był ich wpływ na zachowanie próbek. Wprowadzane były niedokładności w spoiwie kobaltowym w postaci pustek. Wpływ rozwoju pustek w materiale spoiwa podczas procesu obciążenia badany był przy zastosowaniu modelu Tveergarda-Gursona.

Jestem zdania, że główna wartość opracowanego modelu numerycznego elementu RVE polega na tym, że badany był szereg czynników wpływających na jego zachowanie. W ten sposób element ten może stanowić przykład standardowy (benchmark) do badania tego rodzaju kompozytów.

W pracach S7 do S9 moim osobistym wkładem była dbałość o poprawność modelu numerycznego elementu RVE, a także dbałem o poprawność zastosowania modeli sprężystych i sprężysto-lepko-plastycznych. Dbałem również o poprawną budowę siatek metody elementów skończonych, które pod moim bezpośrednim kierunkiem wykonał prof. Tomasz Sadowski. Brałem udział w opracowaniu wniosków końcowych.

W pracy S11 zastosowany został model Tveergarda-Gursona. Do obliczeń użyty został opracowany przeze mnie program komputerowy. Głównymi obserwacjami jakie zostały poczynione podczas analizy wyników było stwierdzenie, że zachowanie dwufazowego kompozytu zależy znacząco od porowatości materiału spoiwa. Stopień porowatości początkowej zmienia jakościowo zachowanie materiału dwufazowego, a zwłaszcza wpływa na stan odkształcenia, szorstkość powierzchni odkształconej próbki oraz poziom odkształceń plastycznych. W szczególności stwierdzone zostało, że czym większy poziom początkowej porowatości tym szybciej podczas procesu obciążenia pojawiają się poślizgi w warstwach międzyziarnowych oraz czym wyższa początkowa porowatość materiału spoiwa tym niższym jest obciążenie niszczące próbkę.

Załączyłem oświadczenia prof. Tomasza Sadowskiego i prof. Steve'a Hardy'ego. Niestety nie mogę załączyć oświadczenia dr Christophe'a Denisa ponieważ nie znam jego aktualnego miejsca pracy.

#### **4. Staże długoterminowe.**

##### **4.1 Staże przed obroną pracy doktorskiej.**

**4.1.1.** 1987 (6 miesięcy): Stypendium Fulbrighta (junior), University of Stanford i University of Southern California.

Uczestniczyłem w kursach językowych, informacji naukowej oraz kursach metody elementów skończonych, dynamiki układów dyskretnych i inżynierii sejsmicznej.

**4.1.2.** 1993-1994: Visiting Researcher, Universidad Politecnica de Catalunya, Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, Barcelona, Spain, (1 rok).

Podczas stażu pracowałem w zespole zajmującym się projektem dotyczącym analizy konstrukcji budynku osłonowego reaktora atomowego w warunkach ciśnienia niszczącego znajdującego się w pobliżu Barcelony.

**4.1.3.** 1995-1996: Visiting Researcher, Universidad Politecnica de Catalunya, Barcelona, Spain, Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, (1/2 roku).

W trakcie tego stażu zajmowałem się procesami tłoczenia blach.

## **4.2. Staże po obronie pracy doktorskiej.**

**4.2.1.** 1999-2001: Luleå University of Technology, Division of Structural Mechanics, Sweden, (2 lata).

Podczas stażu zajmowałem się zagadnieniami przepływu materiałów sypkich w ramach grantu ze Szwedzkiego Komitetu Badań Naukowych (Vetenskaprådet) oraz projektami dla przemysłu z branży górniczo-hutniczej. Prace były finansowane przez Kiruna Mine LKAB i Danieli Arex, Włochy.

W trakcie stażu opracowałem trójwymiarową wersję programu SILO służącą do symulacji przepływu materiałów sypkich metodą elementów skończonych. W programie nieliniowe dynamiczne równanie równowagi było opisane w układzie Eulera. Implementowane zostały modele konstytutywne Druckera-Pragera, Mohra-Coulomba z zaokrąglonymi narożami oraz Williama-Warnkego. Zadanie przepływu materiału w silosie składało się z trzech kolejnych faz, a mianowicie obliczeń statycznych w fazie sprężystej, fazy pełzania oraz po otwarciu wylotu silosa fazy płynięcia

## **4.3. Praca za granicą po obronie pracy doktorskiej.**

**4.3.1. (02.10.2002 - 30.09.2005):** Pracownik badawczy "research officer", University of Wales Swansea, School of Engineering, Wielka Brytania.

W okresie tym główną moją pracą był rozwój sprzężonego programu MES do symulacji procesów odlewania ciśnieniowego stopów aluminium w ramach projektu pt. "Squeeze forming process simulation by the finite element method", który był fundowany przez Engineering and Physical Research Council oraz GKN Squeezeform. Kierownikiem projektu był prof. Roland W. Lewis, FEng, FLSW.

Zajmowałem się również projektem dotyczącym zagęszczania proszków używanych w przemyśle farmaceutycznym pt. „A Finite Element Simulation of Pharmaceutical Powders” finansowanym przez firmę Astra Zeneca, którego kierownikiem był również prof. Roland W. Lewis. Współpracowałem przy rozwoju i implementacji algorytmu adaptacyjnego siatki metody elementów skończonych z kryterium Zhu-Zienkiewicza w programie rozwiązującym dynamiczne równanie równowagi metodą jawnego całkowania po czasie. Materiał był modelowany jako lepko-sprężysto-plastyczny (model Perzyny). W dalszym ciągu kod ten miał być włączony do programu Metody Elementów Dyskretnych celem modelowania zachowania pojedynczych ziaren proszku, a zatem uzyskiwania informacji o wpływie sztywności tych ziaren na zachowanie zagęszczanego materiału, co już nie było moim zadaniem.

**4.3.2. (01.10.2005 – 25.06. 2006):** Inżynier metody elementów skończonych ("FEA engineer"), Curran Ltd., Wielka Brytania.





W okresie tym pracowałem nad projektem konstrukcji zawieszenia używanego w hamowni dla silnika odrzutowego do A380 dla firmy Rolls-Royce w Derby. Mój udział polegał na opracowaniu przestrzennego, powłokowego modelu konstrukcji z uwzględnieniem połączeń śrubowych. Modele były generowane przy użyciu programu PATRAN na podstawie modeli eksportowanych z programu CATIA. Wykonywałem obliczenia częstości i postaci drgań własnych, a także obliczenia statyczne tej konstrukcji przy użyciu programu NASTRAN. Kierownikiem projektu był prof. Steve J. Hardy. Załączyłem zaświadczenie w tej sprawie.

**4.3.3. (26.06.2006 - 26.06.2008):** Pracownik badawczy w dziedzinie geodynamiki obliczeniowej "Research Fellow in Computational Geodynamics", University of Leeds, School of Earth and Environment, Institute of Geophysics and Tectonics, Leeds, Wielka Brytania.

Brałem udział w projekcie dotyczącym modelowania cyklu sejsmicznego pt. "Parallelised Algorithms for Computing Viscoelastic Deformation in 3D Non-linear Media" fundowanym przez Engineering and Physical Research Council w Wielkiej Brytanii. Kierownikiem projektu był profesor geofizyki Greg Houseman i współpracował nami również profesor obliczeń naukowych Peter K. Jimack. Praca została opisana w punkcie dotyczącym innych osiągnięć. Załączyłem odpowiednie zaświadczenie.

**4.3.4. (01.08.2008 - 31.12.2009):** Pracownik badawczy, Computational Systems Biology, Department of Computer Science, University of Sheffield, Wielka Brytania.

Pracowałem w ramach grantu "The Epitheliome: computational modelling of epithelial tissue" fundowanego przez Engineering and Physical Research Council, którego kierownikiem był prof. Rod Smallwood, FREng, HonFRCP. Załączyłem zaświadczenie.

**4.3.5. (01.01.2010 - 31.07.2010):** "External Visitor" w Department of Computer Science, University of Sheffield, Wielka Brytania.

W okresie tym pracowałem nad koncepcją modelu agentowo-naprężeniowego wzrostu tkanki przy użyciu środowiska "Flexible Large-scale Agent Modelling Environment (FLAME)". Załączyłem zaświadczenie.

## **5. Działalność dydaktyczna.**

### **5.1. Dydaktyka przed obroną pracy doktorskiej.**

5.1.1. Kurs dla doktorantów Politechniki Warszawskiej pt. „Metoda elementów skończonych”, który prowadziłem roku akademickim 1991/1992 (załączyłem zaświadczenie).

5.2.2. Praca magisterska.

Konsultowałem stronę numeryczną pracy magisterskiej Pana Witolda Goszko pt. „Modelowanie płyt i powłok żelbetowych metodą elementów skończonych”. Prowadzącym pracę był dr inż. Zbigniew Kacprzyk. Praca magisterska była wykonana na Wydziale Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej, 1995.

Link do archiwum: <http://wektor.il.pw.edu.pl/%7Ezoi/dydaktyka/dyp2.html>

### 5.2.3. Podręcznik.

Podręcznik (4.1) „System KAM, ćwiczenia metody elementów skończonych, podsystem FEAS/KAM” do ćwiczeń z metody elementów skończonych, którego jestem współautorem, obejmował szereg zadań przeznaczonych dla studentów. Zadania te były przeznaczone do rozwiązania przy pomocy systemu FEAS-KAM, który był rozwinięty w Zespole Oprogramowania Inżynierskiego przy Wydziale Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej pod kierunkiem dr inż. Zbigniewa Kacprzyka. Moim osobistym wkładem było opracowanie następujących rozdziałów:

- a) 3.2. Drgania własne konstrukcji wstępnie obciążonych (strony 138-175).
- b) 5. Nieliniowa analiza statyczna (strony 199-226).

### 5.2. Dydaktyka po obronie pracy doktorskiej.

5.2.1. Kurs dla studentów ostatniego roku Wydziału Inżynierii Lądowej PW (Teoria konstrukcji) „Komputerowe wspomaganie projektowania, program Abaqus” (załączyłem zaświadczenie).

5.2.2. Kurs na Studium Doktoranckim IPPT PAN: „Wprowadzenie do obliczeń na komputerach dużej mocy (KDM-HPC) poprzez aplikacje” (semestry zimowe, 2011/2012, 2012/2013). Załączyłem zaświadczenie.

5.2.3. Pełniłem funkcje asystenta promotora prac doktorskich. W sprawie punktów (a) i (b) załączyłem odpowiednie zaświadczenia.

a) Luo Chouping „Finite Elements Based on the Piece-Wise Linear Weight Functions in Contact Problems”, Luleå Tekniska Universit t, Doctoral Thesis, 2004:46, ISSN:1402-1544, ISRN: LTU-DT—04/46--/SE. Promotorem pracy był prof. dr inż. Marek Klisiński.  
Link do archiwum: <http://epubl.ltu.se/1402-1544/2004/46/index-en.html>

b) Ahmad Rosli “Optimisation of the squeeze forming process”, Swansea University, Thesis (Ph.D.), 2006. Promotorem pracy był prof. David T. Gethin.

Link do archiwum: <https://ifind.swan.ac.uk/discover/Record/528417>

Dr Ahmad Rosli otrzymał wyróżnienie za artykuł na konferencji organizowanej przez Sheffield Hallam University (R. Ahmad, DT. Gethin, RW. Lewis, EW. Postek, Design sensitivity of a composite die: casting; pozycja 2.2.13 wykazu prac). Załączyłem referat przedstawiany przez Dr Rosli na konferencji 3<sup>rd</sup> M.I.T Conference on Computational Fluid and Solid Mechanics w Bostonie w 2005 roku (pozycja 2.2.12 wykazu prac).

5.2.4. Brałem udział w grantie promotorskim pt. „Modelowanie nakładkowych, sprężonych połączeń śrubowych pod obciążeniem zmiennym”. Doktorantem był mgr inż. Stanisław Wierzbicki. Promotorem jego pracy doktorskiej prof. dr hab. inż. Jan Karczewski. Tytuł pracy doktorskiej: „Modelowanie sprężonych nakładkowych połączeń śrubowych z uwzględnieniem fazy sprężysto-plastycznej”, Warszawa, Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Lądowej, 1999, pozycja w Bibliotece Głównej Politechniki Warszawskiej: 000047375.



## **6. Członkostwo w organizacjach zawodowych.**

2009-2011 - Biochemical Engineering Subject Group

2007 - aktualnie - American Geophysical Union

2006 - 2009 - European Geophysical Union

1990 - 2001 - Polskie Towarzystwo Metod Komputerowych Mechaniki

1983 - 1989 - Polski Związek Inżynierów i Techników Budowlanych

## **7. Recenzowanie artykułów.**

Jestem stałym recenzentem artykułów do International Journal of Advanced Manufacturing Technology (do tej pory 27 recenzji), a także okazjonalnie do Journal of Materials Processing Technology, International Journal for Numerical Methods in Engineering i Journal of Theoretical and Applied Mechanics.

*Eugen Potel*