

POLITECHNIKA OPOLSKA

WYDZIAŁ INŻYNIERII PRODUKCJI I LOGISTYKI

Współorganizatorzy:

UNIwersYTET TECHNICZNY W OSTFRAWIE (CZECHY)

UNIwersYTET TECHNICZNY W KOSZYCACH

(SŁOWACJA)

INSTYTUT PROBLEMÓW STOSOWANYCH MECHANIKI I

MATEMATYKI NARODOWEJ AKADEMII NAUK

WE LWOWIE (UKRAINA)

PAŃSTWOWY MOSKIEWSKI UNIwersYTET

TECHNOLOGICZNY „STANKIN” (ROSJA)

Międzynarodowe seminarium naukowe

***OPTYMALIZACJA STRUKTUR PROCESÓW
WYTWÓRCZYCH - 2015***

Streszczenia



**OPOLE
15 grudnia 2015**

OPOLE 2015

KOMITET NAUKOWY

PRZEWODNICZĄCY:

M. Gajek,
O. Hachkevych,
A. Stanik- Besler.

CZŁONKOWIE:

C. Górecki, V. Madr, M. Madej – Lachowska,
I. Mulicka, J. Pająk, W. Serebrjakov, L. Shvartsburg,
J. Szymczak.

KOMITET ORGANIZACYJNY:

I. Mulicka, A. Stanik-Besler, B. Bozhenko,
M. Ginter, T. Sałajczyk.

JEDNOSTKI ORGANIZACYJNE:

Katedra Matematyki i Zastosowań Informatyki, Katedra Fizyki, Katedra Inżynierii i Bezpieczeństwa Pracy.

ZAKRES TEMATYCZNY:

1. NAUKI PODSTAWOWE W PROCESACH WYTWÓRCZYCH
2. MODELOWANIE PROCESÓW WYTWÓRCZYCH
3. OPTIMALIZACJA WARUNKÓW REALIZACJI PROCESÓW WYTWÓRCZYCH

SEKRETARIAT SEMINARIUM:

POLITECHNIKA OPOLSKA
Wydział Inżynierii Produkcji i Logistyki
Instytut Matematyki i Fizyki
ul. Luboszycka 3, 45-036 Opole
tel. 077 – 449 87 21

SPIS TREŚCI

Strony

REFERATY ZAMAWIANE

1. **M. GAJEK, O. HACHKEYVICH, A. STANIK-BESLER**
PROCESY WYTWÓRCZE. OSIĄGNIĘCIA I ROZWÓJ 11
 2. **O. HACHKEYVICH, R. KUSZNIR, Y. NEMIROWSKII, R. TERLECKYI, O. TURII**
MODELOWANIE PRZENIESIENIA CIEPŁA I ODKSZTAŁCENŃ W TARCZO-
WYCH ELEMENTACH O CIENKICH WARSTWACH I POKRYCIACH PRZY
NAPROMIENIOWANIU CIEPLNYM PRZY OPRACOWANIU PROCESÓW
WYTWÓRCZYCH 15
 3. **MULICKA, M. GAJEK**
PARTYCYPACJA PRACOWNICZA JAKO CZYNNIK SPOŁECZNY WE WSPÓŁ-
CZESNEJ FIRMIE 18
 4. **A. CHWASTYK, Z. KOSTRZYCKA, A. KOZIARSKA, A. STANIK-BESLER,**
K. WOJTECZEK-LASZCZAK
SIEĆ BAYES'A JAKO NARZĘDZIE W PODNOSZENIU JAKOŚCI
KSZTAŁCENIA 21
 5. **E. DÖHNER, M. MADEJ-LACHOWSKA, A. I. LACHOWSKI**
REFORMING OF ETHANOL AS A METHOD OF HYDROGEN PRODUCTION
..... 23
- I. NAUKI PODSTAWOWE W PROCESACH WYTWÓRCZYCH
1. **V. FLYUD, Yu. GOLOVATY**
ZAGADNIENIE BRZEGOWE DLA SILNIE ZABURZONEGO RÓWNIANIA
PARABOLICZNEGO W GRAFIE GEOMETRYCZNYM O RÓŻNYCH
WSPÓŁCZYNNIKACH PRZEWODNOŚCI CIEPLNEJ KRAWĘDZI.
PRZYPADEK ZUPEŁNEJ DEGENERACJI..... 29
 2. **Cz. GÓRECKI**
WPLYW ELEKTROLITYCZNEGO NAWODOROWANIA NA STABILNOŚĆ
TERMICZNĄ I KINETYKĘ KRYSTALIZACJI SZKŁA METALICZNEGO
 $Fe_{79}Si_9B_{12}$ 31
 3. **Cz. GÓRECKI**
KINETYKA KRYSTALIZACJI I STABILNOŚĆ TERMICZNA SZKIEŁ
METALICZNYCH $Co_{79-x}Fe(Ni)_xSi_9B_{12}$ BADANA METODAMI EGZOEMISJI
ELEKTRONÓW (EEE) I RÓŻNICOWEJ KALORYMETRI SKANINGOWEJ (DSC)
..... 33
 4. **A. KOZIARSKA, G. KRÓLCZYK**
METODY STATYSTYCZNE I DRZEWIASTE W USTALENIU RANGI
WAŻNOŚCI PARAMETRÓW TOCZENIA STALI DUPLEX 35

5. **H. SHYNKARENKO, V. STELMASHCHUK**
MODELOWANIE NUMERYCZNE W ZAGADNIENIACH TERMOPIEZO-
ELEKTRYCZNOŚCI.....36
 6. **H. SHYNKARENKO, O. VOVK**
SYMULACJA NUMERYCZNA REAKCJI UTLENANIA TLENKU WĘGLA NA
POWIERZCHNI PŁATYNY.....38
 7. **Z. ŚLÓDERBACH**
OBLICZANIE DOPUSZCZALNYCH PARAMETRÓW DRGAŃ PODCZAS
DYNA-MICZNEGO WYWAŻANIA WIRNIKÓW WENTYLATORÓW WG
NORM ISO. CZĘŚĆ I. WYPROWADZENIE PODSTAWOWYCH RÓWNAŃ
I ZALEŻNOŚCI.....40
 8. **Z. ŚLÓDERBACH**
OBLICZANIE DOPUSZCZALNYCH PARAMETRÓW DRGAŃ PODCZAS
DYNAMICZNEGO WYWAŻANIA WIRNIKÓW WENTYLATORÓW WG NORM
ISO. CZĘŚĆ II. OMÓWIENIE I ANALIZA OTRZYMANYCH REZULTATÓW 41
 9. **O. HACHKEVYCH, R. MUSIJ, H. STASIUK, A. STANIK-BESLER,
D. TARLAKOWSKIJ**
WŁAŚCIWOŚCI CIEPLNE ORAZ MECHANICZNE WARSTWY PRZE-
WODZĄCEJ ELEKTRYCZNOŚĆ PRZY ODDZIAŁYWANIU POŁA ELEKTRO-
MAGNETYCZNEGO O IMPULSOWYM SYGNALE MODULUJĄCYM I OKRE-
SOWEJ ZMIENNOŚCI WZGLĘDEM PODŁUŻNEJ WSPÓLRZĘDNEJ.....42
 10. **O. HACHKEVYCH, R. MUSIJ, H. STASIUK, R. TERLECKI, D. TARLAKOWSKIJ**
WŁAŚCIWOŚCI CIEPLNE I MECHANICZNE WARSTWY PRZEWODZĄCEJ
ELEKTRYCZNOŚĆ PRZY ODDZIAŁYWANIU POŁA ELEKTROMAGNE-
TYCZNEGO O PRZEBIEGU SINUSOIDY TŁUMIONEJ ORAZ OKRESOWYM
CHARAKTEŻE ZMIANY WZGLĘDEM PODŁUŻNEJ WSPÓLRZĘDNEJ.....44
 11. **V. BOYCHUK, O. HACHKEVYCH, R. MUSIJ, H. STASYUK, J. SZYMCZAK**
WŁAŚCIWOŚCI CIEPLNE I MECHANICZNE WARSTWY PRZEWODZĄCEJ
ELEKTRYCZNOŚĆ PRZY ODDZIAŁYWANIU POŁA ELEKTROMA-
GNETYCZNEGO O PRZEBIEGU W POSTACI JEDNOSTKOWEGO IMPULSU
ORAZ OKRESOWYM CHARAKTERZE ZMIANY WZGLĘDEM PODŁUŻNEJ
WSPÓLRZĘDNEJ.....46
- II. MODELOWANIE PROCESÓW WYTWÓRCZYCH
1. **O. HACHKEVYCH, R. IVAS'KO, M. SOLODYAK, A. STANIK-BESLER,
R. TERLETSKII**
MODELE PROCESÓW FIZYCZNO - MECHANICZNYCH W ŚRODOWISKACH
MAGNETOSTRYKCYJNYCH PRZY ODDZIAŁYWANIU WOLNOZMIENIAJĄ-
CYCH SIĘ W CZASIE PÓŁ MAGNETYCZNYCH.....49

2. **B. BOZHENKO, O. HACHKEYVYCH, R. IVAS'KO, M. SOLODYAK, A. STANIK-BESLER**
 SYMULACJA KOMPUTEROWA WŁAŚCIWOŚCI ELEKTROMAGNETYCZNYCH ORAZ MECHANICZNYCH W CIAŁACH MAGNETOSTRYKCYJNYCH PRZY ZEWNĘTRZNYM TECHNOLOGICZNYM OBCIĄŻENIU MAGNETYCZNYM 50
3. **A. HACHKEYVYCH, M. MACHORKIN, M. SOLODIK, A. STANIK-BESLER, A. TORSKIJ**
 MODELOWANIE TERMOMECHANICZNEGO ZACHOWANIA TARCZ PRZEWODZĄCYCH ELEKTRYCZNOŚĆ PRZY UWZGLĘDNIENIU SIŁOWEGO I CIEPLNEGO CZYNNIKA TECHNOLOGICZNEGO ODDZIAŁYWANIA ELEKTROMAGNETYCZNEGO 51
4. **A. HACHKEYVYCH, M. MACHORKIN, M. SOLODIK, A. STANIK-BESLER, A. TORSKIJ**
 BADANIA PÓŁ TEMPERATURY ORAZ NAPRĘŻEŃ W WARSTWIE PRZEWODZĄCEJ ELEKTRYCZNOŚĆ W ZAGADNIENIACH PROCESÓW WYTWÓRCZYCH REALIZOWANYCH PRZY WYKORZYSTANIU MONOCHROMATYCZNYCH ODDZIAŁYWAŃ ELEKTROMAGNETYCZNYCH..... 52
5. **O. HACHKEYVYCH, R. KUSHNIR, Y. NIEMIROVSKII, R. TERLETSKII, O. TURII**
 MODELOWANIE PRZENIESIENIA CIEPLA I STANU SPRĘŻYSTEGO W TARCZACH DWUWARSTWOWYCH PRZY TECHNOLOGICZNYM OPROMIENIOWANIU CIEPLNYM..... 54
6. **B. BOZHENKO, O. HUMENCHUK, A. MARYNOWICZ, R. TERLETSKII, O. TURII**
 MODEL MATEMATYCZNY ILOŚCIOWEGO OPISU TERMOMECHANICZNEGO ZACHOWANIA DWUWARSTWOWEJ TARCZY O WARSTWACH RÓŻNEJ PRZEZROCZYSTOŚCI PRZY OPROMIENIOWANIU CIEPLNYM ZE STRONY WARSTWY NIEPRZEZROCZYTEJ 55
7. **M. GAJEK, T. KOURNYTS'KYI, R. TERLETSKII, O. TURII, J. SZYMCZAK**
 MODEL MATEMATYCZNY ILOŚCIOWEGO OPISU TERMOMECHANICZNEGO ZACHOWANIA DWUWARSTWOWEJ TARCZY O WARSTWACH RÓŻNEJ PRZENIKALNOŚCI PRZY OPROMIENIOWANIU CIEPLNYM ZE STRONY WARSTWY CZĘŚCIOWO PRZEZROCZYTEJ 56
8. **B. BOZHENKO, M. GAJEK, O. HUMENCHUK, E. IRZA, V. MOZHAROVSKY**
 MODELOWANIE CZYNNIKÓW ODDZIAŁYWANIA PROMIENIOWANIA CIEPLNEGO W WYDRAŻONEJ DWUWARSTWOWEJ KULI PRZY TECHNOLOGICZNYM OPROMIENIOWANIU CIEPLNYM..... 57
9. **O. HACHKEYVYCH, R. KUSHNIR, O. HUMENCHUK, E. IRZA, V. MOZHAROVSKY**
 MODEL TERMOMECHANIKI OPISUJĄCY WŁAŚCIWOŚCI CIEPLNE ORAZ MECHANICZNE CZĘŚCIOWO PRZEZROCZYTEJ DWUWARSTWOWEJ KULI WYDRAŻONEJ PRZY TECHNOLOGICZNYM NAPROMIENIOWANIU CIEPLNYM 59

III OPTYMALIZACJA WARUNKÓW REALIZACJI PROCESÓW WYTWÓRCZYCH

1. **I. MULICKA, M. GAJEK**
SPOŁECZNE WARUNKI PRACY WE WSPÓŁCZESNEJ FIRMIE 63
2. **S. BUDZ, K. GHAZARYAN, M. HACHKEYVICH, O. HACHKEYVICH, A. STANIK-BESLER**
OPTYMALIZACJA PRZEBIEGÓW NAGRZEWANIA KONWEKCYJNEGO SZKLANEJ KAWALKAMI JEDNORODNEJ CYLINDRYCZNEJ POWŁOKI PRZY IZOLACJI CIEPLNEJ POWIERZCHNI WEWNĘTRZNEJ 65
3. **S. BUDZ, K. GHAZARYAN, M. HACHKEYVICH, O. HACHKEYVICH, A. STANIK-BESLER**
OPTYMALIZACJA PRZEBIEGU NAGRZEWANIA SZKLANEJ KAWALKAMI JEDNORODNEJ POWŁOKI WALCOWEJ PRZY WYMIANIE CIEPŁA PRZEZ KONWEKCJĘ ZE ŚRODOWISKIEM WEWNĘTRZNYM 67
4. **M. HACHKEYVICH, O. HACHKEYVICH, E. IRZA, A. STANIK-BESLER, V. MOJAROVSKII**
ZAGADNIENIE PROSTE TERMOMECHANIKI DLA SZKLANYCH KAWALKAMI JEDNORODNYCH POWŁOK PRZY OPTYMALIZACJI PRZEBIEGÓW NAGRZEWANIA TECHNOLOGICZNEGO 69
5. **S. BUDZ, M. HACHKEYVICH, R. IVAŠKO, A. KOZIARSKA, B. TRISZ**
OPTYMALIZACJA PRZEBIEGÓW TECHNOLOGICZNEGO NAGRZEWANIA SZKLANEJ KAWALKAMI JEDNORODNEJ CYLINDRYCZNEJ POWŁOKI SPRĘŻONEJ ZE SFERYCZNĄ 70
6. **B. CHORNYJ, M. HACHKEYVICH, L. HAYEVŠKA, E. IRZA, A. KOZIARSKA**
OPTYMALIZACJA PRZEBIEGÓW NAGRZEWANIA TECHNOLOGICZNEGO SZKLANEJ KAWALKAMI JEDNORODNEJ CYLINDRYCZNEJ POWŁOKI SPRĘŻONEJ ZE STOŻKOWĄ 71
7. **O. HACHKEYVICH, M. HACHKEYVICH, R. KUSHNIR, A. STANIK-BESLER, D. TARŁAKOVSKII**
METODA OPTYMALIZACJI PRZEBIEGÓW NAGRZEWANIA TECHNOLOGICZNEGO KAWALKAMI JEDNORODNYCH POWŁOK PRZY OBECNOŚCI ŹRÓDEŁ CIEPŁA I OBCIĄŻENIA SIŁOWEGO 72
8. **M. GAJEK, M. HACHKEYVICH, O. HACHKEYVICH, R. KUSZNIR, A. RAWSKA-SKOTNICZNY**
OPTYMALIZACJA WZGLĘDEM STANU NAPRĘŻEŃ PRZEBIEGÓW NAGRZEWANIA TECHNOLOGICZNEGO SZKLANEJ KAWALKAMI JEDNORODNEJ CYLINDRYCZNEJ POWŁOKI SPRĘŻONEJ ZE SFERYCZNĄ PRZY OBECNOŚCI ŹRÓDEŁ CIEPŁA 73
9. **M. GAJEK, M. HACHKEYVICH, O. HACHKEYVICH, R. KUSZNIR, A. RAWSKA-SKOTNICZNY**
OPTYMALNE WZGLĘDEM STANU NAPRĘŻEŃ PRZEBIEGI NAGRZEWANIA TECHNOLOGICZNEGO SZKLANEJ KAWALKAMI JEDNORODNEJ POWŁOKI SPRĘŻONEJ ZE STOŻKOWĄ PRZY OBECNOŚCI ŹRÓDEŁ CIEPŁA 74
10. **B. BOZHENKO, S. BUDZ, L. GAJEVSKA, O. HACHKEYVICH, M. HACHKEYVICH**
OPTYMALNE WZGLĘDEM STANU NAPRĘŻEŃ PRZEBIEGI NAGRZEWANIA TECHNOLOGICZNEGO SZKLANEJ KAWALKAMI JEDNORODNEJ POWŁOKI PRZY OBECNOŚCI OBCIĄŻENIA SIŁOWEGO 75

11. **B. BOZHENKO, O. HACHKEYCH, M. HACHKEYCH, D. TARŁAKOVSKII,
J. SZYMCZAK**
OPTYMALNE WZGLĘDEM STANU NAPRĘŻEŃ PRZEBIEGI NAGRZEWANIA
TECHNOLOGICZNEGO KAWAŁKAMI JEDNORODNYCH POWŁOK PRZY
TERMOCZUŁOŚCI NAPRĘŻEŃ DOPUSZCZLNYCH..... 76

REFERATY ZAMAWIANE



M. GAJEK¹, O. HACHKEVYCH^{1,2}, A. STANIK-BESLER¹

¹ Politechnika Opolska

² Instytut Problemów Stosowanych i Mechaniki i Matematyki NAN Ukrainy

PROCESY WYTWÓRCZE. OSIĄGNIĘCIA I ROZWÓJ

Jedną z cech współczesnego światowego postępu jest formowanie innowacyjnej ekonomii wiedzy oraz jej znaczenia, uwarunkowanych przyspieszonym rozwojem technologii, totalną komputeryzacją i automatyzacją, globalizacją i hiperkonkurencją, a także stale przyspieszającymi zmianami w organizacji wytwarzania.

Podstawowym zadaniem przemysłu w obecnych czasach jest produkcja globalnie konkurencyjnych i potrzebnych wyrobów nowego pokolenia w jak najkrótszych terminach i z gwarantowanym okresem eksploatacji. Dla pomyślnego rozwiązania tego zadania konieczne są: stała generacja, zastosowanie, magazynowanie i transfer nowoczesnej wiedzy, tworzenie i rozwijanie unaukowionych technologii, a następnie ich łączenie w technologiczne łańcuchy nowej generacji, opracowanie praktycznych innowacji w połączeniu z „numerycznymi” („inteligentnymi”) procesami wytwórczymi.

Przy tym na danym etapie rozbudowy procesów wytwórczych jednym z najważniejszych aspektów jest problem ich opracowania i ulepszania na podstawie ciągłego doskonalenia teoretycznych podstaw wspomnianych dziedzin wiedzy przez szerokie zastosowanie metod i aplikacji nauk podstawowych, modelowania matematycznego i statystycznego oraz technik optymalizacyjnych, z jednoczesnym uwzględnieniem zagadnień szeroko pojętej inżynierii produkcji, przy powszechnym wykorzystaniu współczesnego komputerowego inżynieringu (Computer-Aided Engineering (CAE)), dla którego charakterystyczną cechą jest multidyscyplinarność i wielobranżowość.

Badania we wspomnianych kierunkach prowadzone są przez powstały w ostatnich latach w Politechnice Opolskiej zespół pracowników naukowych, zajmujący się rozbudową teoretycznych podstaw organizacji i realizacji procesów wytwórczych oraz koordynacją badań w tej dziedzinie. Badania te dotyczą następujących trzech uściślonych obszarów omawianej tematyki:

- aplikacje nauk podstawowych w procesach wytwórczych;
- modelowanie procesów wytwórczych;
- optymalizacja warunków realizacji procesów wytwórczych.

Nawiązując do poprzednich opracowań, celem niniejszych badań prowadzonych w przedstawionych wyżej obszarach tematycznych jest kolejny etap próby opracowania istotnych dla praktyki inżynierskiej procesów produkcyjnych i technologii w sposób umożliwiający osiągnięcie zamierzonych efektów jakościowych i ilościowych przy minimalizacji kosztów, szczególnie w

obszarze zużycia materiałów i energii. Pewnego rodzaju osobliwością jest koncepcja rozwiązywania powyższych problemów poprzez opracowanie odpowiednich modeli matematycznych opisujących rozważane procesy i zjawiska, ich optymalizację i dostosowanie do wymogów czynników społecznych, ekonomicznych, ekologicznych i inżynierii produkcji, w szczególności inżynierii bezpieczeństwa, zarówno w obszarze ogólnie rozumianego bezpieczeństwa pracy jak i bezpieczeństwa technicznego, powiązanych z wytwarzaniem i kolejną eksploatacją wyrobów, na etapach wykorzystania wyników nauk podstawowych, modelowania i optymalizacji, przy powszechnym zastosowaniu na wszystkich tych etapach symulacji komputerowej.

Z analizy różnorodnych aspektów organizacji procesów wytwórczych wynika, że w tej dziedzinie w każdym roku nadal wykonywana jest znaczna ilość badań, które mają zróżnicowany charakter i wymagają uogólnienia i systematyzacji. Próbę takiego usystematyzowania wiedzy we wspomnianych trzech obszarach tematycznych podjęto w Politechnice Opolskiej przez wydanie w ostatnich latach cyklu monografii:

1. Optimization of manufacturing processes, Ed. by M. Gajek, OWPO SIM z. 238, Opole 2008.
Modelowanie i inżynieria produkcji w ekorozwoju, Red. nauk. S. Szymura, OWPO SIM z. 236, Opole 2008.
Экологические аспекты производства и среды, Науч. ред. А. Гачкевич, OWPO SIM z. 237, Opole 2008.
2. Optimization of the structures of manufacturing processes, Ed. by M. Gajek, OWPO SIM z. 256, Opole 2009.
3. Optimization of manufacturing processes and more environment, Ed. by M. Gajek, OWPO SIM z. 276, Opole 2010.
4. Modelowanie procesów wytwórczych / Моделирование производственных процессов, Red. nauk. M. Gajek, O. Hachkevych, OWPO SIM z. 277, Opole 2010.
5. Manufacturing processes. Some problems, Ed. by: M. Gajek, O. Hachkevych, A. Stanik-Besler:
 - v. 1: Basic science applications in manufacturing processes, OWPO SIM z. 330, Opole 2012.
 - v. 2: Моделирование и оптимизация производственных процессов, OWPO SIM z. 331, Opole 2012.
 - v. 3: Safety engineering in manufacturing processes, OWPO SIM z. 332, Opole 2012.
6. Manufacturing processes. Actual problems-2013, Ed. by: M. Gajek, O. Hachkevych, A. Stanik-Besler:
 - v. 1: Basic science applications in manufacturing processes, OWPO SIM z. 364, Opole 2013.
 - v. 2: Моделирование и оптимизация производственных процессов, OWPO SIM z. 365, Opole 2013.

- v. 3: Safety engineering in manufacturing processes, OWPO SIM z. 366, Opole 2013.
- 7. Manufacturing processes. Actual problems-2014, Ed. by: M. Gajek, O. Hachkevych, A. Stanik-Besler,
 - v. 1: Basic science applications in manufacturing processes, OWPO SIM z. 399, Opole 2014.
 - v. 2: Моделирование и оптимизация производственных процессов, OWPO SIM z. 400, Opole 2014.
 - v. 3: Inżynieria bezpieczeństwa w procesach wytwórczych, OWPO SIM z. 401, Opole 2014.

Monografie na ogół wydawane są w postaci trzech tomów poświęconych wyodrębnionym obszarom wiedzy.

Prezentowane na niniejszym międzynarodowym seminarium materiały (seminaria te odbywają się corocznie od 2008 roku) przedstawiają nowe rezultaty przeprowadzonych w latach 2014-2015 badań w omówionych obszarach wiedzy z uwzględnieniem ich wzajemnego oddziaływania i przenikania i dotyczą one opracowania teoretycznych podstaw organizacji i realizacji procesów wytwórczych, związanych z obróbką materiałów i eksploatacją urządzeń przy obecności czynników oddziaływania technologicznego – pól połączonych o różnej naturze fizycznej: siłowych, cieplnych i elektromagnetycznych z dostosowaniem do współczesnych warunków produkcji, a między innymi bezpieczeństwa technicznego w procesach obróbki.

Rozważana na seminarium problematyka jest swego rodzaju rozwinięciem i uogólnieniem wyników badań wielorakich aspektów, wynikających przy opracowaniu teoretycznych podstaw organizacji i rozbudowy procesów wytwarzania. Istotą wymienionych kierunków badań, podobnie jak w poprzednich opracowaniach omawianego cyklu, jest koncepcja rozwiązywania rozważanych problemów dotyczących procesów produkcyjnych poprzez formułowanie odpowiednich modeli matematycznych ilościowego opisu oraz optymalizacji badanych procesów, zjawisk i podejść w ich dostosowaniu do wymogów wspomnianych czynników towarzyszących. To dotyczy też opracowania metod rozwiązywania zagadnień występujących w modelach oraz analizy wyników.

Przedstawione przez autorów rezultaty mogą być przydatne dla naukowców zajmujących się badaniem, projektowaniem i organizacją procesów wytwórczych. Mogą być wykorzystane przez inżynierów interesujących się aplikacjami nauk podstawowych, problemami modelowania i optymalizacji w procesach wytwórczych oraz innymi aspektami towarzyszącymi tym procesom, a również przez studentów starszych lat kierunków budownictwa, inżynierii produkcji, logistyki, inżynierii bezpieczeństwa, mechanicznych i elektrotechnicznych zainteresowanych omawianymi problemami.

Większość z udostępnionych przez autorów materiałów otrzymana w rezultacie kontynuacji współpracy naukowej w dziedzinie opracowania tak

szeroko rozumianych zagadnień procesów wytwórczych prowadzonych przez Politechnikę Opolską z ośrodkami badawczymi w kraju i za granicą: Politechniką Poznańską, Uniwersytetem Zielonogórskim, Polskim Towarzystwem Ergonomicznym w Warszawie, Państwowym Moskiewskim Uniwersytetem Technicznym STANKIN (Rosja), Instytutem Problemów Stosowanych Mechaniki i Matematyki Narodowej Ukraińskiej Akademii Nauk i jego Centrum Modelowania Matematycznego, Narodowymi Uniwersytetami im. Iw. Franki i «Politechnika Lwowska» (Lwów, Ukraina), Uniwersytetem Technicznym w Ostrawie (Czechy) oraz Uniwersytetem Technicznym w Koszycach (Słowacja).

O. HACHKEVYCH^{1,2}, R. KUSZNIR², Y. NEMIROWSKII³,
R. TERLECKYI², O. TURII²

¹ Opole University of Technology (Poland)

² Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics
NASU (Ukraine)

³ Khristianovich Institute of Theoretical and Applied Mechanics Siberian Branch
of Russian Academy of Sciences

MODELOWANIE PRZENIESIENIA CIEPŁA I ODKSZTAŁCEŃ W TARCZOWYCH ELEMENTACH O CIENKICH WARSTWACH I POKRYCIACH PRZY NAPROMIENIOWANIU CIEPLNYM PRZY OPRACOWANIU PROCESÓW WYTWÓRCZYCH

W kosmicznej, lotniczej, podczerwonej, elektro- i radiotechnicznej oraz innych dziedzinach przemysłu często wykorzystuje się warstwowe elementy konstrukcji i urządzeń. Sposoby ich obróbki cieplnej przy produkcji oraz warunki eksploatacji przy intensywnych obciążeniach termicznych powodują konieczność zbadania zjawisk fizycznych, powiązanych z oddziaływaniem promieniowania cieplnego na ciała warstwowe, składowe których mogą być o różnych właściwościach radiacyjnych. Takie właściwości mogą być decydującymi w procesach przeniesienia ciepła w ciałach napromieniowanych oraz przy ich zachowaniu mechanicznym [1].

Dla uwzględnienia realnej struktury napromieniowanych warstwowych elementów (obecność podstawowych i przejściowych warstw o różnej przezroczystości dla promieniowania), rzeczywistych parametrów (energetycznych i widmowych) zewnętrznych źródeł promieniowania cieplnego oraz ich rozmieszczenia względem rozważanej warstwy, warunków wymiany ciepła ze środowiskiem zewnętrznym odpowiadających realnym warunkom eksploatacji lub obróbki cieplnej, konieczne jest więc złożone sformułowanie zagadnień dla adekwatnego opisu procesów przeniesienia promieniowania oraz ciepła. Taki złożone sformułowanie pozwala na połączenie problemów rozważanych w ramach termomechaniki lub teorii naprężeń termicznych z problemami omawianymi w ramach nowego kierunku – radiacyjnej termomechaniki. Z innej strony takie sformułowanie pozwala na więc adekwatne opracowanie kontaktowych zagadnień termomechaniki, opisujących zjawiska cieplne i mechaniczne na stykach środowisk o różnych właściwościach w warunkach napromieniowania lub wysokich temperatur, które obecne są w wielu procesach produkcyjnych [2].

Otrzymane przybliżone zależności opisujące pola temperatur i mechaniczne spowodowanie napromieniowaniem cieplnym wytwarzanym przez nagrzaną powierzchnię. Przy tym oparte one są na uogólnionych warunkach brzegowych

(warunkach wymiany ciepła przez pokrycie). Zbadano ich poprawność w zależności od właściwości radiacyjnych pokrycia oraz podstawy.

Zapisane są wzory wyjściowe określające pole promieniowania w tarczach trójwarstwowych napromieniowywanych przez nagrzaną powierzchnię równoległą do podstawy warstwy. Rozważano przypadki różnego rozmieszczenia składowych warstw oraz tarcze o częściowo przezroczystych i nieprzezroczystych względem promieniowania pokryciach. Dla wszystkich rozpatrywanych przypadków rozmieszczenia warstw oraz powierzchni nagrzewającej sformułowano zagadnienia przeniesienia ciepła (z uwzględnieniem wpływu promieniowania w częściowo przezroczystych obszarach, na powierzchniach tarczy i styku składowych warstw). Ciepłe warunki brzegowe na powierzchniach tarczy i kontaktowe na powierzchniach styku składowych warstw lub tarczy z pokryciami (przy równości temperatur – warunki o idealnym kontakcie cieplnym) otrzymano z bilansu wszystkich strumieni ciepła dochodzących do tych powierzchni (w szczególności spowodowanych pochłanianiem i emisją energii cieplnej przez warstwę nieprzezroczystą). Dla tarczy zawierającej cienką częściowo przezroczystą warstwę przejściową lub pokrycie otrzymane są zależności (uogólnione warunki przeniesienia promieniowania przez warstwę przejściową), pozwalające na wyłączenie tej warstwy z rozważań przy wyznaczaniu pola promieniowania. Osiągnięto to przy pomocy wprowadzenia efektywnego współczynnika odbicia na warunkowej powierzchni styku podstawowych warstw.

Otrzymano z wykorzystaniem formalnej metody operatorowej uogólnione warunki wymiany ciepła przez warstwę przejściową o dowolnej przezroczystości przy uwzględnieniu efektów pochłaniania i emisji energii cieplnej. Przy tych warunkach procesy przeniesienia promieniowania oraz ciepła w tarczach posiadających cienkie warstwy mogą być opisane przy pomocy modelu tarczy dwuwarstwowej lub jednowarstwowej (przy obecności pokryć) przy więc złożonych charakterystykach radiacyjnych i cieplnych powierzchni kontaktu [3, 4].

Przy określeniu stanu sprężystego rozważanych napromieniowywanych tarcz wykorzystane są wyrażenia dla składowych tensora naprężeń przy różnych warunkach zamocowania brzegu.

Otrzymano przybliżone zależności dla naprężeń w warstwach podstawowych w których uwzględnione są charakterystyki sztywności na zgięcie i rozciąganie cienkiej warstwy przejściowej [4].

Dla więc celowego wykorzystania wspomnianego modelowania w konkretnych procesach produkcyjnych konieczne są w danym kierunku sformułowania zagadnień optymalizacji względem wybranych (celowych) kryteriów różnych aspektów tych procesów, w szczególności technologicznych, ekonomicznych, społecznych, ekologicznych, inżynierii bezpieczeństwa itp., a również rozwinięcie modelowania matematycznego na skutek rozbudowy więc adekwatnych dla rozważanych procesów modeli (bardziej złożone warstwowe

struktury, termo czulość wlaściwości materiałůw, uwzględnienie lepkości i plastyczności i in.).

LITERATURA

- [1] ЗИГЕЛЬ Р., ХАУЭЛЛ Д. Теплообмен излучением. – Москва: Мир, 1975. – 935 с.
- [2] ГАЧКЕВИЧ А., КУШНИР Р., НЕМИРОВСКИЙ Ю., ТЕРЛЕЦКИЙ Р., ТУРИЙ О. Моделирование термомеханического поведения слоистых пластин при технологическом тепловом облучении // Manufacturing processes. Actual problems – 2013. Vol. 2. Modelling and optimization of manufacturing processes / Ed. by: M. Gajek, O. Hachkevych, A. Stanik-Besler / Studia i monografie, z. 365. – Glava 17. – Opole: OWPO, 2013. – С. 221-234.
- [3] ТЕРЛЕЦЬКИЙ Р.Ф., ТУРИЙ О.П. Моделювання і дослідження теплопереносу у пластинах з тонкими покриттями за врахування впливу випромінювання // Мат. методи та фіз.-мех. поля. – 2012. – 55, № 2. – С. 186-201.
- [4] ТУРИЙ О.П. Моделювання термомеханічної поведінки опромінюваних шаруватих тіл із тонкими прошарками за врахування поглинання та випромінення теплової енергії // Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології. – 2013. – Вип. 17. – С. 195-208.

MULICKA, M. GAJEK

Opole University of Technology (Poland)

PARTYCYPACJA PRACOWNICZA JAKO CZYNNIK SPOŁECZNY WE WSPÓŁCZESNEJ FIRMIE

Każda firma rządzi się swoimi prawami i obiera swoją własną strategię funkcjonowania. Tak więc do społecznych warunków pracy należy zaliczyć: stosunki międzyludzkie w organizacji, system motywacji, możliwość partycypacji, czyli udziału pracowników w zarządzaniu, kulturę organizacji i jej klimat oraz komunikację społeczną. Organizacja to przede wszystkim zasoby ludzkie, które obok zasobów materialnych (budynki, wyposażenie techniczne, surowce i materiały) oraz zasobów wiedzy stanowią jeden z istotnych filarów organizacji. Relacje międzyludzkie, atmosfera i klimat są zależne od charakterów i osobowości osób w niej pracujących. Istnieje jednak wspólny mianownik dla współczesnych przedsiębiorstw - wszystkie wyróżnia określona struktura organizacyjna oraz szereg procesów związanych z zarządzaniem zasobami ludzkimi.

Podstawowym warunkiem wykonywania zadań na płaszczyźnie organizacyjnej i społecznej jest określony stopień zespolenia, czyli integracji pracowników przedsiębiorstwa. Niestety między jednostkami lub grupami może dochodzić również do interakcji nie zawsze pozytywnych. Stąd stosunki międzyludzkie, powstające między pracownikami i różnego rodzaju więzi mają istotny wpływ na atmosferę w firmie. Wypadkową interakcji społecznych jest powstawanie w zbiorowościach ludzkich grup społecznych o określonej strukturze i wspólnych celach działania.

Partycypacja pracownicza była istotnym elementem w kierowaniu przedsiębiorstwami w Polsce okresu powojennego. W socjalistycznej rzeczywistości drugiej połowy XX wieku w ramach partycypacji pracowniczej działały samorzady robotnicze, a w latach 50. rady robotnicze, związki zawodowe oraz podstawowe organizacje partyjne PZPR. W drugiej połowie lat 80. po wyjściu z najgłębszego kryzysu politycznego i gospodarczego podjęto intensywne działania w kierunku przeprowadzenia reform gospodarczych, a kolejne etapy wprowadzanych reform gospodarczych miały zażegnać niebezpieczeństwo zmiany ustroju.

Po wolnych wyborach w 1989 roku sytuacja w Polsce zmieniła się diametralnie. W konsekwencji zmian strukturalnych i przekształceń własnościowych zaczęły powstawać nowe podmioty gospodarcze, których głównym celem był zysk kosztem oczywiście pracowników. Ten okres „drapieżnego kapitalizmu” nie sprzyjał rozwojowi partycypacji pracowniczej w zarządzaniu firmą. Pracownicy mimo istniejących związków zawodowych w okresie transformacji gospodarczej nie mieli wpływu na decyzje i nie

uczestniczyli w zarządzaniu firmą. Decyzje właściciela lub zarządu często niekorzystne z punktu widzenia pracowników mogli oni jedynie oprotestować. Tak więc w tym pierwszym okresie partycypacja pracownicza była tylko ideą, do której zaczęli dążyć pracownicy.

Proces partycypacji to aktywny udział pracowników w zarządzaniu firmą rozumiany jako zwiększenie wpływu pracowników na decyzje podejmowane przez jej kierownictwo. Zmieniające się otoczenie wywiera swój wpływ nie tylko na firmy, które muszą się do niego dostosowywać, ale i kształtuje ono świadomość pracowników. Współcześnie można wymieniać wiele rodzajów partycypacji pracowniczych. Może to być partycypacja czynna lub bierna, informacyjna, konsultacyjna, finansowa czy decyzyjna.

Szczególnie istotna jest partycypacja decyzyjna, czyli polegająca na współdecydowaniu o wielu sprawach w organizacji. Polega ona na tym, że pracownicy mają głos przy podejmowaniu decyzji i są w tym momencie współodpowiedzialni za wynik podjętych decyzji. Właściwie rozumiana przez kierownictwo firmy i w sposób odpowiedni realizowana partycypacja pracowników w decyzjach dotyczących planowania i realizacji zadań oraz ponoszenie przez pracowników odpowiedzialności za przebieg pracy i jej efekty jest doskonałym przykładem integracji pracownika z organizacją. Ponadto pozwala na wzrost świadomego zaangażowania w sprawy firmy stwarzając pełne wykorzystanie ich potencjału intelektualnego.

Współcześnie można zauważyć wiele przejawów partycypacji pracowników w zarządzaniu organizacją. Należą do nich:

- zebrania i odprawy zarządu z wszystkimi pracownikami lub ich przedstawicielami;
- udział w radach nadzorczych;
- powszechnie stosowana ocena pracowników;
- różne formy: związki zawodowe czy rady pracowników¹ lub pozazwiązkowi przedstawiciele pracowników²;
- instytucje męza zaufania;
- akcjonariat pracowniczy oraz indywidualne zakupy akcji firmy, itp.

¹ „Obok związków zawodowych, powoływanych według uznania pracowników, u wszystkich pracodawców wykonujących działalność gospodarczą i zatrudniających, co najmniej 50 pracowników są powoływane rady pracowników. Pracodawca ma obowiązek informowania ich i przeprowadzania z nimi konsultacji w sprawach określonych przepisami.” [w:] Florek L., Zieliński T., Prawo pracy, Wydawnictwo C. H. Beck, Warszawa 2008, s.314.

² Prawo pracowników do informacji i konsultacji z pracownikami we Wspólnocie Europejskiej wynika z Dyrektywy 2002/14/WE, [w:] Ustawa z 7.4.2006 o informowaniu pracowników i przeprowadzaniu z nimi konsultacji, Dz. U. nr 79, poz.550 ze zm.

Na straży partycypacji pracowników stoi prawo pracy unijne i polskie, stąd u pracodawcy, u którego nie działają związki zawodowe, musi być powołane stałe przedstawicielstwo pracownicze.

Wielką zaletą partycypacji pracowników jest niewątpliwie wzrost zaangażowania pracowników oraz przyjęcie moralnej odpowiedzialności za przyszłość organizacji. Tak więc zarządzanie partycypacyjne można nazwać inaczej zarządzaniem uczestniczącym, którego celem jest umożliwienie pracownikom udziału w podejmowaniu istotnych decyzji strategicznych oraz ponoszenie odpowiedzialności za te decyzje.

Niestety ta forma zarządzania ma również pewne wady, do których można zaliczyć:

- ⇒ wydłużenie okresu między momentem pojawienia się sprawy (problemu do rozwiązania) a podjęciem decyzji;
- ⇒ czasochłonność zebrań, konsultacji czy wspólnego podejmowania jakichś ustaleń;
- ⇒ możliwość manipulowania pracownikami poprzez sugerowanie rozwiązań nie zawsze zgodnych z racjami pracowników.

Jak można zauważyć choć wady partycypacji pracowniczej istnieją to zdecydowanie jest to bardzo ważny element społecznych warunków pracy.

Podsumowując można stwierdzić, że partycypacja pozwala pracownikom na pełne zaangażowanie się w sprawy firmy, które w efekcie końcowym mogą przynieść sukces oraz większą satysfakcję pracownikom z wykonanej pracy.

A. CHWASTYK, Z. KOSTRZYCKA, A. KOZIARSKA,
A. STANIK-BESLER, K. WOJTECZEK-LASZCZAK

Opole University of Technology (Poland)

SIEĆ BAYES'A JAKO NARZĘDZIE W PODNOSZENIU JAKOŚCI KSZTAŁCENIA

Studia inżynierskie wymagają dobrej znajomości matematyki wyższej. Niestety wielu studentów, z tej właśnie przyczyny rezygnuje z podjęcia studiów politechnicznych albo nie zalicza matematyki, co z kolei prowadzi często do przerwania studiów. Dlatego też matematycy z Politechniki Opolskiej postanowili głębiej zapoznać się z tym problemem. Na ostatnich zajęciach z przedmiotu została przeprowadzona ankieta. Studenci odpowiadali w niej na pytania dotyczące m.in. wyników z matury z matematyki. Pytano ich również o ilość czasu poświęconego na przygotowanie do kolokwium, o braki wiedzy ze szkoły średniej. Studenci określali także co jest największą trudnością w studiowaniu danego przedmiotu. Ankieta zawierała również pytanie o obecność na wykładach, a także o korzystanie z literatury z danego przedmiotu. Studenci odpowiedzieli na pytanie czy korzystali z notatek z wykładu i z kursów wyrównawczych prowadzonych przez Politechnikę Opolską oraz czy ilość godzin z danego przedmiotu była wystarczająca, a także czy student był aktywny na zajęciach. Ostatnie, kluczowe pytanie dotyczyło oceny zaliczającej przedmiot w terminie.

Celem pracy była analiza wpływu poszczególnych czynników (kolejnych pytań w ankiecie) oraz ich kombinacji na ocenę końcową z przedmiotu. Zbudowano model sieci Bayes'a i poprzez wykorzystanie programu GeNIe przeprowadzono modelowanie pozwalające na zbadanie wpływu poszczególnych czynników na końcowe zaliczenie przedmiotu. Oprócz oczywistego faktu, że wynik egzaminu maturalnego z matematyki wpływa na ocenę końcową z danego przedmiotu, w pracy pokazano m.in., że gdyby wszyscy studenci byli aktywni na zajęciach, byłoby mniej ocen niedostatecznych oraz więcej ocen dobrych i bardzo dobrych, udział w wykładzie nie wpływa na wysokość oceny końcowej, natomiast udział w wykładzie i korzystanie z literatury podnosi ocenę końcową i zmniejsza liczbę ocen niedostatecznych. Czas poświęcony na przygotowanie do kolokwium, w dość zaskakujący sposób, wpływa na ocenę końcową: jeśli jest on z zakresu od 2 do 8 godzin to ocena końcowa jest lepsza, natomiast jeśli jest on dłuższy niż 8 godzin to ocena końcowa jest niższa. Ten zaskakujący wynik może pochodzić z faktu, że bardzo długo uczą się bardzo słabi studenci i nie pomagają im to w uzyskaniu dobrego wyniku końcowego, natomiast dobrym studentom wystarczy od 2 do 8 godzin pracy żeby uzyskać dobry wynik.

Uzyskane wnioski nie są wyczerpujące dla omawianej tematyki. Ankieta przeprowadzona była w momencie, gdy wielu studentów nie znało jeszcze swojej oceny końcowej. Jest zatem wskazane, żeby taką ankietę przeprowadzić ponownie

wtedy, gdy wszyscy studenci będą znali swoją ocenę końcową z danego przedmiotu.

LITERATURA

- [1] KLEINBERG S.: Causality, Probability and Time, Cambridge University Press 2013.
- [2] KOSTRZYCKA Z.: On causation and Bayesian inference in logistics, Manufacturing processes. Actual problems-2014, Vol I, Basic science applications in manufacturing processes, Studia i monografie z. 399, (ISSN 1429-6063; ISBN 978-83-64056-87-1), pod red. nauk.: M. Gajek, O. Hachkevych, A. Stanik-Besler, Oficyna Wydawnicza Politechniki Opolskiej, Opole 2014, Chapter 4, S. 59-68.
- [3] NEAPOLITAN R. E., Learning Bayesian Networks, Northeastern Illinois University, Chicago.
- [4] <http://genie.sis.pitt.edu/>

E. DÖHNER¹, M. MADEJ-LACHOWSKA^{1,2}, A. I. LACHOWSKI¹,
A. KASPRZYK²

¹ Opole University of Technology (Poland)

² Institute of Chemical Engineering of the Polish Academy of Sciences,
Gliwice (Poland)

REFORMING OF ETHANOL AS A METHOD OF HYDROGEN PRODUCTION

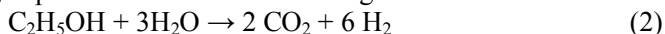
This paper presents some of the available in the literature information for the possibility of using nickel-, cobalt- and copper-based catalysts in the ethanol steam reforming process. The latest reports concerning development of catalysts for hydrogen production in ethanol steam reforming process was presented. According to literature reports there are few non noble metal catalysts (Co, Ni, Cu,) which can be comparable with much more expensive noble metal catalysts, especially with respect to productivity and selectivity of hydrogen.

The constant growth in energy demand creates serious risks – progressive depletion of fossil fuels and serious environmental problems, like air pollution and greenhouse gas emission. In these circumstances, it is imperative to search and develop new and clean sources of energy [1]. Hydrogen is considered as such type of “clean energy” source. Unlike fossil fuels, hydrogen gas burns out cleanly, without emitting any environmental pollutants [2]. What is more important, hydrogen can be converted to electric power with high efficiency and with low pollutant levels in fuel cells. Fuel cells assembled in batteries are the source of clean electricity.

A promising way to produce hydrogen is to use methanol or ethanol as the feedstock for the catalytic steam reforming process. In comparison to methanol, ethanol is less toxic and has relatively high hydrogen content. The 24,5-26 million tonnes of ethanol is produced annually worldwide [5]. Ethanol has several advantages compared to fossil fuels, but the most important is probably its renewable origin. Ethanol production from biomass has also an additional positive feature, since the CO₂ produced in this process is consumed by biomass growth [3]. Bioethanol can be easily obtained from several biomass sources, i.e. the fermentation of sugarcane:



The next step in hydrogen production is steam reforming of ethanol:



The overall reaction of steam reforming of ethanol (2) yields 6 moles of hydrogen per 1 mole of ethanol [4]. Due to the fact that ethanol is bio-renewable resource, the steam reforming of ethanol is a promising choice in H₂-based energy system [2].

Research interest in the area of catalytic steam reforming of ethanol has been increased for last two decades. However, it is still in the research and development stage. Ethanol steam reforming process mechanism is very complex, a number of undesirable side reactions occur thereby affecting the selectivity to H_2 . Some of these products additionally may cause deactivation of the catalyst – catalyst coking. This effect is mainly due to the formation of ethylene by ethanol dehydration. Ethanol conversion and hydrogen production vary greatly depending on the type and composition of catalyst, reaction conditions. The development of active catalyst, which suppresses the production of coke and the formation of CO is the greatest problem which must be solved to enable the use of this process on a large scale.

Catalyst activity, selectivity and stability depends on their composition, used promoters, support, catalyst preparation method, operation parameters and others.

The noble metal (Pt, Pd, Rh, Ru) catalysts are used in the steam reforming of ethanol process. According to literature reports there are few non noble metal catalysts which can be comparable with much more expensive noble metal catalysts, especially with respect to productivity and selectivity of hydrogen [2,4,5,6,7]. It means that there is possibility to develop efficient, stable and cheaper non noble metal catalysts to produce hydrogen in ethanol steam reforming process. It seems that nickel, cobalt and copper are the metals that can successfully replace noble metals in this process. Ni and Co based catalysts are well known catalyst used in steam reforming of ethanol process. However, Cu has been used as catalyst in ethanol steam reforming process only for a short time, therefore they require more studies.

According do literature references, the most of Nickel based catalysts are active at temperatures above $600^{\circ}C$. Y_2O_3 [8], La_2O_3 [8] and Al_2O_3 [9] are the most promising supports for Ni based catalysts. They become deactivated because of coke formation. Using basic oxide as support or adding alkali species onto the acidic support can reduce this adverse effect [5]. The addition of Li and K enhanced the catalyst stability mainly by depressing Ni sintering. Excess of steam can also prevents deactivation. The addition of copper to the nickel based catalyst increases surface area and hydrogen yield in ethanol steam reforming.

Cobalt-based catalysts have been proposed, next to nickel, as appropriate catalysts for ethanol steam reforming process. These catalysts operate at lower than Ni-based catalyst – about $500^{\circ}C$.

Copper-based catalysts are well known catalysts used in methanol synthesis and methanol steam reforming industrial processes. Attempts to use copper catalysts in the process of steam reforming of ethanol has been made relatively recently. The reports concerning Cu-based catalyst seem rather contradictory. Cunha et al. [10] claimed that Cu-catalysts are thermal stable while Benito et al. [7] showed a significant decrease in ethanol conversion. However Cunha et al. were examining Cu/ZnO and CuO/ Al_2O_3 supports at $200-600^{\circ}C$. These are

supports that improve catalysts thermal stability. What is more the synergistic effect between copper and ZnO occurs. Copper is known as a strong inhibitor of coke formation, and thus in nickel-copper bimetallic catalysts it helps to avoid such a deactivation [11].

REFERENCES

1. SÁ S., SILVA H., BRANDÃO L., SOUSA J.M., MENDES A.: Catalysts for methanol steam reforming - A review., *Appl. Catal. B- Environ.*, 2010, vol. 99, p. 43
2. HARYANTO A., FERNANDO S., MURALI N., ADHIKARI S.: Current Status of Hydrogen Production Techniques by Steam Reforming of Ethanol: A Review, *Energy & Fuels* 2005, vol.19, p. 2098-2106
3. VAIDYAP. D., RODRIGUES A. E.: Insight into steam reforming of ethanol to produce hydrogen for fuel cells, *Chem. Eng. J.*, 2006, vol. 117, p. 39-49
4. KUMAR A., PRASAD R., SHARMA Y.C.: Steam Reforming of Ethanol: Production of Renewable Hydrogen, *Int. J. Environ. Res. and Development*. 2014, vol. 4, p. 203-212
5. NI M., LEUNG D.Y.C., LEUNG M.K.H.: A review on reforming bio-ethanol for hydrogen production, *Int. J. Hydrogen Energ.*, 2007, vol. 32, p. 3238 – 3247
6. GARCIA S. R., ASSAF J.M.: Effect of the preparation method on Co/Al₂O₃ catalyst applied to ethanol steam reforming reaction production of hydrogen, *Modern Research In Catalysis*, 2012, vol. 1, p. 52-57
7. SUN J., QIU X-P., WU F., ZHU W-T.: H₂ from steam reforming of ethanol at low temperature over Ni/Y₂O₃, Ni/La₂O₃ and Ni/Al₂O₃ catalysts for fuel-cell application, *Int. J. of Hydrogen Energ.*, 2005, vol. 30, p. 437-445
8. AKANDE A. J., IDEM R. O., DALAI A. K.: Synthesis, characterization and performance evaluation of Ni/Al₂O₃ catalysts for reforming of crude ethanol for hydrogen production, *Appl. Catal. A- Gen.*, 2005, vol. 287, p. 159-175
9. BENITO M., SANZ J. L., ISABEL R, ARJONA R, DAZA L.: Bio-ethanol steam reforming: Insights on the mechanism for hydrogen production, *J. Power Sources*, 2005, vol. 151, p. 11-17
10. CUNHA A.F., WU Y.J., SANTOS J.C., RODRIGUES A.E.: Steam reforming of ethanol and copper catalysts derived from hydrotalcite-like materials, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 2012, vol. 51, p. 13132-13143
11. CARRERO A., CALLES J.A., VIZACAINO A.J.: Hydrogen production by ethanol steam reforming over Cu-Ni/SBA-15 supported catalysts prepared by direct synthesis and impregnation, *App. Catal. A- Gen.*, 2007, vol. 327, p. 82-94

I. NAUKI PODSTAWOWE W PROCESACH WYTWÓRCZYCH



V. FLYUD^{1,2}, Yu. GOLOVATY²

¹ Politechnika Opolska, Opole, Polska

² Narodowy Uniwersytet Lwowski imienia Iwana Franki, Lwów, Ukraina

**ZAGADNIENIE BRZEGOWE DLA SILNIE ZABURZONEGO
RÓWNIANIA PARABOLICZNEGO W GRAFIE GEOMETRYCZNYM O
RÓŻNYCH WSPÓŁCZYNNIKACH PRZEWODNOŚCI CIEPLNEJ
KRAWĘDZI. PRZYPADEK ZUPEŁNEJ DEGENERACJI**

W danym streszczeniu kontynuujemy badania silnie zaburzonego zagadnienia brzegowego dla równania parabolicznego w grafie geometrycznym, szczegółowo opisane w pracy [1]. W odróżnieniu od [1], równanie paraboliczne w grafie ulega zupełnej degeneracji, gdy mały parametr dąży do zera.

Oznaczmy przez $\Gamma = \Gamma(V, E)$ graf o n krawędzi $\gamma_j = (a, a_j)$ o wspólnym wierzchołku a , oraz wierzchołkach brzegowych a_j , gdzie $V = \{a, a_1, \dots, a_n\}$ – zbiór węzłów, $E = \{(a, a_1), \dots, (a, a_n)\}$ – zbiór krawędzi grafu. Niech $x_j \in [0, L_j]$ oznacza zmienną w krawędzi γ_j , poddaną naturalnej parametryzacji, gdzie $x_j = 0$ odpowiada wierzchołku a , a L_j jest długością krawędzi γ_j . Przez $\dot{\gamma}_j$ oznaczmy zbiór punktów wewnętrznych krawędzi γ_j , a $\dot{\Gamma} = \bigcup_{j=1}^n \dot{\gamma}_j$. Jeśli przez $\mathcal{Q}^T = \dot{\Gamma} \times (0, T)$ oraz $\mathcal{Q}_j^T = \dot{\gamma}_j \times (0, T)$ oznaczmy zbiory, gdzie $T > 0$ ($j = \overline{1, n}$), to $u = u(x, t)$ jest funkcją w \mathcal{Q}^T , a $u_j = u_j(x, t)$ jest funkcją, zredukowaną do zbioru \mathcal{Q}_j^T (x bez wskaźnika oznacza dowolny punkt grafu Γ).

Graf Γ podzielimy na podgrafy Γ_j ($j = \overline{1, k}$), których każdy zawiera n_j krawędzi o wspólnym wierzchołku a oraz zakładamy, że spełnione są następujące warunki

$$i) \bigcup_{j=1}^k \Gamma_j = \Gamma, \dot{\Gamma}_i \cap \dot{\Gamma}_j = \emptyset \quad (i, j = \overline{1, k}, i \neq j);$$

$$ii) \sum_{j=1}^k n_j = n, n_j \in \mathbb{N} \quad (j = \overline{1, k});$$

$$iii) p(x; \varepsilon) = \varepsilon^{p_j} \text{ jeśli } x \in \gamma_{j_i} \in \Gamma_j, \text{ w szczególności } p(x) = p_j \text{ jeśli } x \in \Gamma_j \quad (j = \overline{1, k}, i = \overline{1, n_j});$$

$$iv) 0 < p_1 < p_2 < \dots < p_k;$$

$$v) L(x) = L_{j_i} \text{ jeśli } x \in \gamma_{j_i} \quad (j = \overline{1, k}, i = \overline{1, n_j}).$$

Wtedy funkcja $u^\varepsilon(x, t)$, która oznacza temperaturę układu krawędzi w punkcie $x \in \Gamma$ w chwili czasu t , jest rozwiązaniem równania parabolicznego:

$$\frac{\partial u^\varepsilon}{\partial t} - p(x; \varepsilon) \frac{\partial^2 u^\varepsilon}{\partial x^2} + q(x)u^\varepsilon = f(x, t), \quad (x, t) \in Q^T, \quad (1)$$

oraz spełnia warunki

$$\text{początkowy:} \quad u^\varepsilon(x, 0) = \varphi(x), \quad x \in \Gamma, \quad (2)$$

$$\text{brzegowe:} \quad u_{j_i}^\varepsilon(a_{j_i}, t) = \mu_{j_i}(t), \quad t \in (0, T) \quad (j = \overline{1, k}, i = \overline{1, n_j}), \quad (3)$$

warunek ciągłości w wspólnym węźle:

$$u_{j_i}^\varepsilon(a, t) = u_{r_s}^\varepsilon(a, t), \quad \forall j, r = \overline{1, k}, \quad \forall i = \overline{1, n_j}, \quad \forall s = \overline{1, n_r}, \quad (4)$$

warunek Kirchhoffa w wspólnym wierzchołku:

$$\sum_{j=1}^k p(x_j; \varepsilon) \sum_{i=1}^{n_j} \frac{\partial u_{j_i}^\varepsilon}{\partial x_{j_i}} = 0 \quad t \in (0, T), \quad (5)$$

gdzie ε – mały dodatni parametr. Przy pewnych warunkach na dane zagadnienia (1)-(5) zostało skonstruowane i uzasadnione rozwinięcie asymptotyczne rozwiązania. Należy zauważyć, że według warunku *iv*) zdegenerowane równanie (1) w grafie Γ spełnia jedynie warunek początkowy (2). Ponadto, uwzględniono dwa wypadki: $n_1 = 1$ (podgraf Γ_1 zawiera jedną krawędź) oraz $n_1 > 1$.

LITERATURA

[1] V. FLYUD, Yu. GOLOVATY. Boundary value problems for singular perturbed parabolic equation on geometric graph with edges of different heat conduction. Partial degeneration. Chapter 2 in monography: Manufacturing Process. Actual Problems - 2014. Volume 1: Basic science in manufacturing process. Politechnika Opolska. Oficyna Wydawnicza. Opole 2014. Studia i Monografie, z. 399, 27-44p.

CZ. GÓRECKI

Opole University of Technology (Poland)

WPLYW ELEKTROLITYCZNEGO NAWODOROWANIA NA STABILNOŚĆ TERMICZNĄ I KINETYKĘ KRYSZALIZACJI SZKŁA METALICZNEGO $Fe_{79}Si_9B_{12}$

Badano wpływ elektrolitycznego nawodorowania na stabilność termiczną i kinetykę krystalizacji, zarówno warstwy wierzchniej jak i objętości szkła metalicznego $Fe_{79}Si_9B_{12}$. Parametry procesów krystalizacji powierzchniowej i objętościowej (temperatura, energia aktywacji, entalpia) wyznaczono stosując odpowiednio metody: egzoemisji elektronów (EEE), różnicowej analizy termicznej (DTA) i różnicowej kalorymetrii skaningowej (DSC). EEE jest metodą powierzchniową związana ze zmianami struktury warstwy wierzchniej, natomiast pomiary DTA informują o przemianach zachodzących w objętości próbki. Energie aktywacji procesów krystalizacji objętościowej i powierzchniowej wyznaczono metodą Ozawy, tzn. z wartości temperatury obserwowanych maksimów na krzywych DTA (DSC) i EEE w zależności od stosowanych szybkości ogrzewania próbki.

Energie aktywacji procesu krystalizacji wyznaczono z zależności Ozawy [2]:

$$\ln V = A - E/kT$$

gdzie: V – prędkość ogrzewania próbki, A - stała, E – energia aktywacji, k – stała Boltzmann, T – temperatura krystalizacji.

Stwierdzono, że proces krystalizacji powierzchniowej badanego szkła zachodzi w temperaturze niższej i z mniejszą energią aktywacji w porównaniu z procesem krystalizacji objętościowej [1]. Proces elektrolitycznego nawodorowania badanego szkła metalicznego prowadzi do niewielkiej zmiany wartości energii aktywacji krystalizacji powierzchniowej i objętościowej, a tym samym zmniejsza jego stabilność termiczną. Proces nawodorowania prowadzi do znacznego obniżenia wartości temperatury krystalizacji warstwy wierzchniej. Temperatura krystalizacji objętościowej nie zmienia się. Proces nawodorowania nie zmienia (w ramach dokładności pomiaru) wartości entalpii procesu krystalizacji objętościowej. Kombinacja metod EEE i DTA może być pomocna w badaniach przemian strukturalnych zachodzących w szklach metalicznych, a także pozwala wykryć skłonność badanego materiału do „przedwczesnej” krystalizacji powierzchniowej, co jest niemożliwe przy użyciu jednej z wymienionych metod.

LITERATURA

- [1] GÓRECKI Cz., GÓRECKI T.: Effect of electrolytical hydrogenation on the thermal stability and crystallization kinetics of metallic glass Fe₇₉Si₉B₁₂, J. of Physics Conf. Series. 289, 2011, 1-5.
- [2] OZAWA T.: Kinetic analysis of derivative curves in thermal analysis, J. Thermal Anal. 2, 1970, 301-324.

CZ. GÓRECKI

Opole University of Technology (Poland)

**KINETYKA KRYSZALIZACJI I STABILNOŚĆ TERMICZNA
SZKIEŁ METALICZNYCH $\text{Co}_{78-x}\text{Fe}(\text{Ni})_x\text{Si}_9\text{B}_{13}$ BADANA METODAMI
EGZOEMISJI ELEKTRONÓW (EEE) I RÓŻNICOWEJ
KALORYMETRII SKANINGOWEJ (DSC)**

Badano stabilność termiczną i kinetykę krystalizacji szkielek metalicznych $\text{Co}_{78-x}\text{Fe}(\text{Ni})_x\text{Si}_9\text{B}_{13}$ wykorzystując jednocześnie temperaturowe zależności natężenia fotostymulowanej egzoemisji elektronów (EEE) i różnicowej kalorymetrii skaningowej (DSC). Krystalizacja jest procesem aktywowanym termicznie. W celu określenia stabilności termicznej stopów amorficznych należy wyznaczyć energię aktywacji tego procesu oraz temperaturę krystalizacji przy dobrze zdefiniowanej szybkości ogrzewania. Parametry procesu krystalizacji objętościowej i powierzchniowej – energia aktywacji, temperatura i entalpia – wyznaczono na bazie pomiarów DSC i EEE odpowiednio. Wykazano, że proces krystalizacji powierzchniowej (EEE) i objętościowej (DSC) badanych szkielek metalicznych zachodzi w dwu etapach.

Wartości energii aktywacji procesów krystalizacji powierzchniowej i objętościowej wyznaczono metodą Ozawy. Stwierdzono, że wartość energii aktywacji procesu krystalizacji warstwy powierzchniowej, a tym samym stabilność termiczna, jest mniejsza w porównaniu z analogiczną wartością dla procesu krystalizacji objętościowej. Proces krystalizacji warstwy powierzchniowej zachodzi w temperaturze znacznie niższej niż krystalizacja objętości. Przyczyna obserwowanych różnic wynika z różnych mechanizmów procesów krystalizacji powierzchniowej i objętościowej. Proces krystalizacji powierzchniowej zachodzi przez wzrost zarodków krystalicznych powstałych w warstwie wierzchniej podczas procesu wytwarzania szkła. Obecność tych zarodków w warstwie powierzchniowej szkielek metalicznych potwierdzili autorzy pracy [2]. Krystalizacja objętościowa zachodzi przez procesy zarodkowania i wzrostu zarodków krystalicznych.

Porównanie temperaturowych zależności natężenia EEE z temperaturowymi zależnościami sygnału DSC umożliwia wykrycie skłonności badanego materiału do „przedwczesnej” krystalizacji warstwy powierzchniowej, co jest niemożliwe przy użyciu tylko jednej z wymienionych metod oraz pozwala określić wpływ składu chemicznego i procedury wytwarzania na kinetykę krystalizacji warstwy powierzchniowej materiałów amorficznych [1].

LITERATURA

- [1] GÓRECKI T., GÓRECKI Cz.: Photostimulated EEE accompanying structural transformations in metallic glasses, Jap. J. of Applied Physics, 24, 1985, 27-31.
- [2] WATANABE Y., KUBOZOE T., NAKAMURA Y.: Crystallization – temperature dependence of exoelectron emission from metallic glasses, Surface Physics Chemistry Mechanics (RAS Moscow). 8 (1993) 25-29.

A. KOZIARSKA, G. KRÓLCZYK

Opole University of Technology (Poland)

**METODY STATYSTYCZNE I DRZEWIASTE W USTALENIU RANGI
WAŻNOŚCI PARAMETRÓW TOCZENIA STALI DUPLEX**

Celem niniejszej pracy jest porównanie wyników uzyskanych za pomocą metod statystycznych (test t-Studenta, jednoczynnikowa analiza wariancji) i metody zmodyfikowanych drzew logicznych w klasyfikacji parametrów toczenia stali duplex: prędkości skrawania (v_c), posuwu (f) i głębokości skrawania (a_p). Kryterialną funkcją celu jest chropowatość powierzchni (Ra). Ze względu na różne kryteria klasyfikacji tych dwóch metod, wyniki końcowe klasyfikacji są różne.

Najważniejszym parametrem, według metod statystycznych, jest głębokość skrawania a_p . Oznacza to, że wartość tego parametru istotnie wpływa na chropowatość powierzchni Ra . Jeżeli głębokość skrawania a_p jest równa 1 mm, to średnia wartość Ra jest znacznie mniejsza niż w przypadku głębokości skrawania a_p równej 2 mm.

Według metod drzewiastych (zmodyfikowanych drzew logicznych), najważniejszym parametrem jest posuw f . Oznacza to, że w ustalonych zakresach testowanych parametrów, zmiany ich wartości powinny być rozpoczęte przez zmianę wartości liczbowych parametru f , gdyż zapewnia to minimalną liczbę zmian innych parametrów.

Uzyskane wyniki dowodzą, że w zagadnieniach klasyfikacyjnych wymienione metody należy stosować w zależności od postawionych celów końcowych. Jeśli celem jest znalezienie parametrów, które istotnie wpływają na wartość średnią Ra to powinny być stosowane metody statystyczne. Jeśli celem jest znalezienie parametrów, które gwarantują minimalną liczbę zmian innych parametrów, w ustalonych zakresach ich zmian, to należy stosować metody drzewiaste.

LITERATURA:

- [1] KOZIARSKA A., KRÓLCZYK G.: Application of statistics methods for significance estimation of parameters of duplex steel turning, Manufacturing processes. Actual problems-2014, Vol I, Basic science applications in manufacturing processes, Studia i monografie z. 399, (ISSN 1429-6063; ISBN 978-83-64056-87-1), pod red. nauk.: M. Gajek, O. Hachkevych, A. Stanik-Besler, Oficyna Wydawnicza Politechniki Opolskiej, Opole 2014, Chapter 5. S. 69 – 80.
- [2] KRÓLCZYK, G.M., LEGUTKO, S.: Experimental analysis by measurement of surface roughness variations in turning process of duplex stainless steel. Metrology and Measurement Systems, 21 (2014), 759–770.

H. SHYNKARENKO^{1,2}, V. STELMASHCHUK²

¹ Politechnika Opolska, Opole, Polska

² Narodowy Uniwersytet Lwowski imienia Iwana Franki, Lwów, Ukraina

MODELOWANIE NUMERYCZNE W ZAGADNIENIACH TERMOPIEZOELEKTRYCZNOŚCI

Kontynuując badania problemów piezoelektryczności [2,6] obiektem niniejszych rozważań jest początkowo-brzegowe zagadnienie dla równań termopiezoelektryczności

$$\begin{cases} \rho(u_i'' - f_i) - \{c_{ijkm}[\varepsilon_{km}(u) - \alpha_{km}\theta] + a_{ijkm}\varepsilon_{km}(u') - e_{kij}E_k(p)\}_{,j} = 0, \\ \{g_{km}E_m(p) + e_{kij}\varepsilon_{ij}(u) + \pi_k\theta\}'_{,k} + \{z_{km}E_m(p)\}_{,k} = 0, \\ \rho\{T_0[\rho c_v\theta / T_0 + c_{ijkm}\alpha_{km}\varepsilon_{ij}(u) + \pi_k E_k(p)]' - w\} + \{\lambda_{ij}\theta_{,j}\}_{,i} = 0, \\ \varepsilon_{ij}(u) = \frac{1}{2}(u_{i,j} + u_{j,i}), E_k(p) = -p_{,k}, \end{cases} \quad (1)$$

które rozważa się jako generalny model matematyczny współdziałania pól mechanicznego, elektrycznego i cieplnego w piroelektrycznym wzorcu [1, 3, 4].

Po dopełnieniu równań (1) odpowiednimi warunkami brzegowymi i początkowymi zdefiniowano równoważną poprawnie postawione zagadnienie z równaniami wariacyjnymi odnośnie niewiadomych wektora przemieszczeń $u = u(x, t)$, potencjału elektrycznego $p = p(x, t)$ i przyrostu temperatury $\theta = \theta(x, t)$. Przekształcone w taki sposób zagadnienie termopiezoelektryczności aproksymuje się metodą elementów skończonych z częściowo kwadratowymi funkcjami kształtu odnośnie zmiennych przestrzennych oraz jednokrokowym niejawnym schematem rekurencyjnego całkowania w czasie [2, 4, 6].

Wyniki symulacji numerycznych z ceramiką PZT-4 zilustrowane rozwiązaniem 1D i 2D zagadnień i są dobrze zgodne z rezultatami innych autorów [1, 5].

LITERATURA

- [1] ASHIDA F., TAUCHERT T.R. Thermally-induced wave propagation in a piezoelectric plate. *Acta Mechanica*, Vol.161, pp.1-16, 2003.
- [2] CHABAN F., SHYNKARENKO H., STELMASHCHUK V., ROSINSKA S. Numerical modeling of mechanical and electric fields interaction in piezoelectrics, Manufacturing processes. Some problems. Vol.1, Ch.9, pp.107-118, Politechnika Opolska, Opole, 2012.
- [3] SHYNKARENKO H. Projection-mesh approximations for pyroelectricity variational problems. I. Problems statement and analysis of forced vibrations, *Differential equations*, V.29, No.7, pp.1252-1260, 1993. (in Russian)
- [4] SHYNKARENKO H. Projection-mesh approximations for pyroelectricity variational problems. II. Discretization and solvability of non-stationary problems, *Differential equations*, V.30, No.2, pp.317-325, 1994. (in Russian)
- [5] SLADEK J., SLADEK V., STANAK P. Analysis of Thermo-Piezoelectricity Problems by Meshless Method, *Acta Mechanica Slovaca*, Vol. 14, No.4, pp. 16–27, 2010.
- [6] STELMASHCHUK V., SHYNKARENKO H. Numerical modeling of dynamical pyroelectricity problems, *Visnyk of the Lviv University. Series Applied Mathematics and Computer Science*, Issue 22, pp. 92-107, 2014. (in Ukrainian)

H. SHYINKARENKO^{1,2}, O. VOVK²

¹ Politechnika Opolska, Opole, Polska

² Narodowy Uniwersytet Lwowski imienia Iwana Franki, Lwów, Ukraina

**SYMULACJA NUMERYCZNA REAKCJI UTLENANIA TLENKU WĘGLA
NA POWIERZCHNI PŁATYNY**

Przedmiotem rozważań jest numeryczne rozwiązania początkowo-brzegowych zagadnień dla systemu półliniowych równań dyfuzji- reakcji postaci

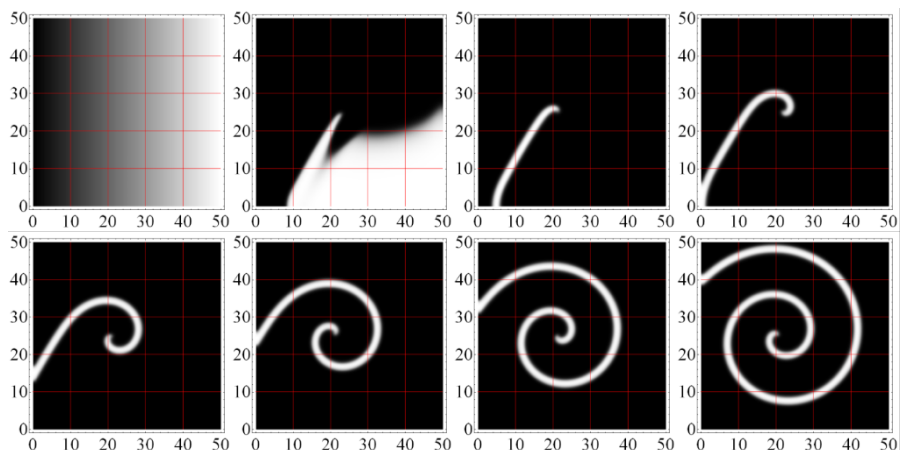
$$\left\{ \begin{array}{l} \text{dane } a, b, \omega, T \in \mathbb{R}, \quad \Omega = (0, 50)^2 \subset \mathbb{R}^2, \\ u^0(x) = 0.02x_1, \quad w^0(x) = 0.02x_2(a - 2b); \\ \text{znaleźć } u = u(x_1, x_2, t) \text{ i } w = w(x_1, x_2, t) \text{ taki, że} \\ \partial_t u - \nabla \cdot (\nabla u) = \omega^{-1} u(1 - u)[u - (w + b)a^{-1}] \\ \partial_t w = f[u] - w \quad w \quad \Omega \times (0, T], \\ -(\nabla u) \cdot n = 0 \quad \text{na } \partial\Omega \times [0, T], \\ u|_{t=0} = u^0, \quad w|_{t=0} = w^0 \quad w \quad \Omega, \end{array} \right.$$

gdzie $f[u] = \begin{cases} 1 - 6.75u(u - 1)^2, & u \in (\frac{1}{3}, 1), \\ 0, & u \notin (\frac{1}{3}, 1). \end{cases}$ Rozważane zagadnienie określa

proces narodzenia a ewolucji fal spiralnych w reakcji utleniania tlenku węgla na powierzchni platyny opisaney G. Ertlem w 1982 r.

Skonstruowany algorytm obliczania aproksymacji wykorzystuje kwadratową serendypowe funkcji kształtu metody elementów skończonych, jednokrokowy niejawnny schemat całkowania w czasie oraz iteracyjną metodą Newtona dla rozwiązania układu dyskretnych równań. Specyfiką zastosowania dwóch ostatnich metod jest zrównoważenie stopnia ich błędów całkowania w czasie a linearyzacji Newtona. Rozwiązanie układu równań linearyzowanych schematu dokończa się iteracyjną metodą GMRES z ponownym rozruchem.

Wyniki modelowania (na podziale 120×120 elementów skończonych, czasowy krok całkowania $\Delta t = 0.01s$) procesu powstania a ewolucji fali spiralnej stopnia pokrycia tlenkiem węgla powierzchni platyny przez kolejne 18 s zilustrowano na poniższych rysunkach.



1. Bar M., Gottschalk N., Eiswirth M., Ertl G. Spiral waves in a surface reaction: Model calculations, *J. Chem. Phys.* – 1994. – № 100. – P. 1202–1214.

Z. ŚLÓDERBACH

Opole University of Technology (Poland)

**OBLICZANIE DOPUSZCZALNYCH PARAMETRÓW DRGAŃ
PODCZAS DYNAMICZNEGO WYWAŻANIA WIRNIKÓW
WENTYLATORÓW WG NORM ISO**

Część I. Wyprowadzenie podstawowych równań i zależności

W części I pracy podano odpowiednią procedurę obliczeń dla przypadku dynamicznego wyważania wałów z kołami wirnikowymi jednostronnie zawieszonymi np. koła wirnikowe wentylatorów ciągu w kotłach parowych energetycznych. Wirniki posadowione są na specjalnie zaprojektowanej w tym celu konstrukcji stalowej, która spoczywa na odpowiednich podkładkach gumowych i jest przymocowana za pomocą specjalnych śrub fundamentowych do betonowego fundamentu. Jako przykład wykonano obliczenia dla wirników wentylatorów ciągu typu AP-1 [6], wyważanych wraz z wałem i obudową łożysk. Określono krytyczne wartości odpowiednich parametrów drgań, dla przypadku maksymalnego niewyważenia spowodowanego przez 1kg masy na promieniu 513 mm. Przyjęto wg norm międzynarodowych ISO 10816 i ISO 7919 klasę podpory maszyny jako sztywną, należącą do I-szej grupy urządzeń. Wynikający z konstrukcji wznios osi wału wynosi 713 mm i jest większy (wg norm ISO 10816 i ISO 7919) od 315 mm ($H > 315\text{mm}$). Obliczenia przeprowadzono dla zakresu częstości obrotowej wirnika w zakresie (0÷1500 obr/min) lub (0÷25 Hz). Wg wspomnianych norm ISO dopuszczalne skuteczne wartości przemieszczeń (amplitud) wynoszą **90 μm** , a dopuszczalne skuteczne prędkości drgań są do **7,1 mm/s**.

Wzory na częstotliwość drgań giętych wału wirnika f są następujące

$$f \cong 300 \sqrt{\frac{3E \cdot J}{Q_w \cdot l^3}} \text{ [obr/min]} \text{ lub } f = 5 \sqrt{\frac{3E \cdot J}{Q_w \cdot l^3}} \text{ [Hz]}, \quad J = \frac{\pi \cdot d_w^4}{64} \text{ [m}^4\text{]},$$

gdzie E - moduł Younga dla stali [MPa], J - moment bezwładności przekroju wału wirnika [m^4], d_w = średnica wału [m], Q_w - ciężar wirnika [kN], l - długość charakterystyczna [m].

[1]. Team Work., Technical Documentation (DTR), Axial Fan of the Air of the Type: API-22/12 [in Polish], Factory of Fans „FAWENT”, Chełm Śląski, 1994 and Statement RB 749, Research and Development Centre for Advancement of Power Engineering (OBR-GRE), Wrocław, 2000.

Z. ŚLÓDERBACH

Opole University of Technology (Poland)

**OBLICZANIE DOPUSZCZALNYCH PARAMETRÓW DRGAŃ
PODCZAS DYNAMICZNEGO WYWAŻANIA WIRNIKÓW
WENTYLATORÓW WG NORM ISO**

Część II. Omówienie i analiza otrzymanych rezultatów

W części II pracy wykazano, że przy założonej maksymalnej wartości niewyważenia równego 0,513 kgm w zakresie od zera do maksymalnej prędkości obrotowej wirnika nie zostaną przekroczone dopuszczalne wg norm ISO wartości skuteczne przemieszczenia (amplitudy) i dopuszczalnych skutecznych prędkości drgań. Wybrane rezultaty przeprowadzonych obliczeń zamieszczono w odpowiedniej tabeli oraz dodatkowo przedstawiono w postaci wykresów, które mogą mieć charakter użytecznych nomogramów. Nomogramy te mogą być użyte podczas przeprowadzania prób wyważania i w praktyce eksploatacyjnej. Podczas opracowywania niniejszej pracy wzorowano się i korzystano z dostępnej autorowi literaturze, która zawiera podstawowe wiadomości z zakresu dynamiki i wyważania dynamicznego. Wykorzystano szereg Polskich i Europejskich Norm ISO dotyczących tematyki drgań, ich pomiarów, nazewnictwa i używanych terminologii oraz zawierających podstawowe zagadnienia z dziedziny maszyn wirujących jak: wentylatory, maszyny elektryczne, turbiny parowe, wiatrowe i inne maszyny.

W całym zakresie zmian prędkości obrotowej wirnika wentylatora występują mniejsze wartości obliczeniowe skutecznych prędkości drgań V_s - od dopuszczalnych wartości V_{sall} . Tylko w przypadku granicznej maksymalnej prędkości obrotowej $n = 1500$ obr/min lub ($n = 25$ Hz), w praktyce nieosiągalnej ze względu na występujący poślizg w silnikach elektrycznych, występuje prawie równość wartości całkowitych i dopuszczalnych skutecznych prędkości drgań $V_{csmax} \approx V_{sall}$, gdzie $V_{sdop} \approx 7,1$ mm/s wg norm ISO 10816 i ISO 7919 a obliczone w pracy wartości są $V_{csmax} \approx 7,2$ mm/s oraz odpowiednio $V_{smax} \approx 3,6$ mm/s.. Za drugi dopuszczalny parametr próby (dopuszczalne skuteczne przemieszczenie drgań) należy uważać ten, który jest także podany w cytowanych już powyżej normach międzynarodowych ISO, którego wartość jak podano wcześniej (dla grupy I-szej urządzeń o klasie podpory sztywnej) wynosi odpowiednio dla skutecznego przemieszczenia do **90 μm**.

Jako dopuszczalne parametry drgań przyjęto wartości, które są w podane w międzynarodowych normach PN-ISO-10816-1:1998P i PN-ISO-7919-1:2001.

Dla zobrazowania niektórych powyższych obliczeń sporządzono także odpowiednie wykresy, które mają charakter użytecznych nomogramów.

O. HACHKEVYCH^{1,2}, R. MUSIJ³, H. STASIUK¹, A. STANIK-BESLER²,
D. TARLAKOWSKIJ⁴

¹ Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics
NASU (Ukraine)

² Opole University of Technology (Poland)

³ National University "Lviv's'ka Politechnika" (Ukraine)

⁴ Moscow Aviation Institute (State University of Aerospace Technologies),
Institute of Mechanics Lomonosov Moscow State University (Russia)

WŁAŚCIWOŚCI CIEPLNE ORAZ MECHANICZNE WARSTWY PRZEWODZĄCEJ ELEKTRYCZNOŚĆ PRZY ODDZIAŁYWANIU POLA ELEKTROMAGNETYCZNEGO O IMPULSOWYM SYGNALE MODULUJĄCYM I OKRESOWEJ ZMIENNOŚCI WZGLĘDEM PODŁUŻNEJ WSPÓŁRZĘDNEJ

Przy numerycznej analizie właściwości warstwy przewodzącej przy oddziaływaniu określonego pola elektromagnetycznego (PEM) w przebiegu o impulsowym sygnale modulującym (PISM) wykorzystano opracowany przez autorów model matematyczny oraz odpowiednie oprogramowanie. Z zastosowaniem tego oprogramowania wykonano badania numeryczne właściwości cieplnych i mechanicznych nieferromagnetycznej warstwy przewodzącej elektryczność w procesie oddziaływania obecnego PEM. Podstawy warstwy są izolowane cieplnie oraz wolne od obcego obciążenia siłowego. Badania prowadzono przy częstotliwościach nośnych drgań elektromagnetycznych należących do otoczeń częstości rezonansowych PEM jak i nie należących do tych otoczeń.

Otrzymano, że przy niejednorodnym oddziaływaniu elektromagnetycznym o PISM:

- zjawiska rezonansowe występujące przy czterech częstotliwościach, trzy z których określone są przez okres zmiany oddziaływania elektromagnetycznego względem podłużnej współrzędnej;
- przy istotnym zwiększeniu okresu zmiany oddziaływania elektromagnetycznego względem podłużnej współrzędnej rozwiązanie zagadnienia pokrywa się z rozwiązaniem przy jednorodnym oddziaływaniu;
- w porównaniu z jednorodnym oddziaływaniem o PISM powstaje dodatkowa składowa siły ponderomotorycznej oraz naprężenia ścinające, które są istotne przy dużych wartościach parametru określającego okresowość oddziaływania nieferromagnetycznego.

Zbadana jest nośność nieferromagnetycznej przewodzącej warstwy, wyprodukowanej ze stali nierdzewnej X18H9T, miedzi oraz aluminium w

zależności od czasowych parametrów impulsu modulującego i parametru, charakteryzującego stopień niejednorodności zmiany PEM względem podłużnej współrzędnej.

Ustalono nowe prawidłowości termomechanicznego zachowania warstwy: przy wartościach częstości nie należących do otoczenia rezonansowych częstości PEM wyznacznymi są składowe naprężeń, spowodowane ciepłem Joule'a, a przy częstościach rezonansowych – składowe spowodowane siłą ponderomotoryczną.

Dla częstości rezonansowych maksymalne wartości obecnych składowych naprężeń osiągane są przy trzeciej częstości rezonansowej, wartość której mieści się sprawa od wartości pierwszej częstości rezonansowej dla zagadnienia przy jednorodnym oddziaływaniu elektromagnetycznym o PISM.

O. HACHKEVYCH^{1,2}, R. MUSIJ³, H. STASIUK¹, R. TERLECKI¹,
D. TARLAKOWSKI⁴

¹ Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics
NASU (Ukraine)

² Opole University of Technology (Poland)

³ National University "Lviv's'ka Politechnika" (Ukraine)

⁴ Moscow Aviation Institute (State University of Aerospace Technologies),
Institute of Mechanics Lomonosov Moscow State University (Russia)

**WŁAŚCIWOŚCI CIEPLNE I MECHANICZNE WARSTWY
PRZEWODZĄCEJ ELEKTRYCZNOŚĆ PRZY ODDZIAŁYWANIU
POLA ELEKTROMAGNETYCZNEGO O PRZEBIEGU SINUSOIDY
TŁUMIONEJ ORAZ OKRESOWYM CHARAKTEŹE ZMIANY
WZGLĘDEM PODŁUŻNEJ WSPÓŁRZĘDNEJ**

Z wykorzystaniem zaproponowanego przez autorów modelu matematycznego oraz opracowanego oprogramowania wykonano analizę numeryczną właściwości cieplnych i mechanicznych warstwy przewodzącej elektryczność przy oddziaływaniu pola elektromagnetycznego (PEM) o przebiegu postaci sinusoidy tłumionej (PST) i okresowym charakterze zmiany względem współrzędnej podłużnej. Powierzchnie warstwy nieobciążone.

Badania wykonane przy oddziaływaniu elektromagnetycznym o PST przy wartościach częstości nośnych drgań elektromagnetycznych należących do otoczenia częstości rezonansowych PEM jak i nie należących do takiego otoczenia.

W wyniku przeprowadzonej analizy otrzymano takie prawidłowości zmiany właściwości cieplnych oraz mechanicznych warstwy przy oddziaływaniu o PST:

- wartości maksymalne naprężeń w przybliżeniu o 2,5 razy mniejsze od otrzymanych przy oddziaływaniu w przebiegu o impulsowym sygnale modulującym (PISM);
- przebieg ustalony następuje szybciej niż przy oddziaływaniu o PISM;
- również jak przy oddziaływaniu o PISM zjawiska rezonansowe występują przy czterech częstościach, trzy z których określone są okresem zmiany oddziaływania elektromagnetycznego o PST względem współrzędnej podłużnej;
- przy istotnym zwiększeniu okresu zmiany oddziaływania o PST względem współrzędnej podłużnej rozwiązanie zagadnienia pokrywa się z analogicznym przy oddziaływaniu jednorodnym,

- niejednorodność względem współrzędnej podłużnej prowadzi do powstania dodatkowych częstości rezonansowych, wartości których istotnie zależą od parametru niejednoznaczności;
- przy częstościach drgań nośnych PEM nie należących do otoczenia rezonansowych decydującymi są wartości składowych naprężeń powstałych na skutek ciepła Joule'a;
- przy częstościach rezonansowych PEM wartości składowych naprężeń, powstałych na skutek oddziaływania siły ponderomotorycznej, są jednego rzędu z analogicznymi, spowodowanymi ciepłem Joule'a;

Zbadana jest również nośność nieferromagnetycznych warstw przewodzących elektryczność, wyprodukowanych ze stali nierdzewnej X18H9T, miedzi i aluminium, w zależności od trwałości sygnału modulującego oraz parametru, charakteryzującego stopień niejednorodności zmiany okresowego PEM względem współrzędnej podłużnej.

V. BOYCHUK^{1,2}, O. HACHKEVYCH^{1,2}, R. MUSIJ³, H. STASYUK¹,
J. SZYMCZAK²,

¹ Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics
NASU (Ukraine)

² Opole University of Technology (Poland)

³ National University "Lviv's'ka Politechnika" (Ukraine)

**WŁAŚCIWOŚCI CIEPLNE I MECHANICZNE WARSTWY
PRZEWODZĄCEJ ELEKTRYCZNOŚĆ PRZY ODDZIAŁYWANIU POLA
ELEKTROMAGNETYCZNEGO O PRZEBIEGU W POSTACI
JEDNOSTKOWEGO IMPULSU ORAZ OKRESOWYM CHARAKTERZE
ZMIANY WZGLĘDEM PODŁUŻNEJ WSPÓLRZĘDNEJ**

Z wykorzystaniem znanego modelu matematycznego oraz odpowiedniego oprogramowania wykonano analizę numeryczną właściwości cieplnych i mechanicznych nieferromagnetycznej warstwy przewodzącej elektryczność przy oddziaływaniu pola elektromagnetycznego (PEM) o przebiegu postaci jednostkowego impulsu (PJI). Badania wykonane przy oddziaływaniu elektromagnetycznym o PJI przy różnych trwałościach impulsu i wartościach parametru, charakteryzującego stopień niejednorodności zmiany PEM względem współrzędnej podłużnej. Wzory dla wielkości pokrywają się z otrzymanymi dla oddziaływania w przebiegu o sygnale modulującym (PISM) przy częstotliwości sygnału nośnego równej zero.

Rozważane warstwy wyprodukowane ze stali X18H9T, miedzi i aluminium. Na podstawie analizy otrzymano że wartość poprzecznej składowej siły ponderomotorycznej jest maksymalna na podstawach warstwy, a podłużnej – powierzchni środkowej warstwy. Temperatura warstwy rośnie z czasem i dla chwil czasu większych połowy trwałości impulsu osiąga stałą maksymalną wartość.

Zbadano również przebieg względem czasu różnych od zera składowych tensora naprężeń powstających w warstwie przy pewnych wartościach parametru niejednorodności (okresu) zmiany pola względem podłużnej współrzędnej. Wartości wszystkich istniejących składowych naprężeń wzrastają przy zwiększeniu tego parametru, a przy jego zmniejszeniu asymptotycznie dążą do wartości przy jednorodnym oddziaływaniu PEM.

Największe wartości intensywności naprężeń wynikają w stalowej warstwie, a najmniejsze – w miedzianej (jak i w przypadku oddziaływania jednorodnego).

Maksymalny wpływ okresowej zmiany PEM względem podłużnej współrzędnej na rozkład ciepła Joule'a, siły ponderomotorycznej, temperatury oraz składowych tensora naprężeń osiągalny jest wewnątrz warstwy. Przy tym wpływ na maksymalną wartość intensywności naprężeń jest mały.

II. MODELOWANIE PROCESÓW WYTWÓRCZYCH



O. HACHKEYVICH^{1,2}, R. IVAS'KO¹, M. SOLODYAK¹,
A. STANIK-BESLER², R. TERLETSKII¹

¹ Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics
NASU (Ukraine)

² Opole University of Technology (Poland)

MODELE PROCESÓW FIZYCZNO - MECHANICZNYCH W ŚRODOWISKACH MAGNETOSTRYKCYJNYCH PRZY ODDZIAŁYWANIU WOLNOZMIENIAJĄCYCH SIĘ W CZASIE PÓL MAGNETYCZNYCH

Obecnie szeroko wykorzystywane są materiały elektromagnetyczne, specyficzne właściwości których pozwalają na efektywne rozwiązywanie wybranych problemów opracowania procesów wytwórczych. Do takich materiałów należą, w szczególności, piezoelektryczne oraz piezo magnetyczne, większość z których są elektrycznie lub magnetycznie strykcyjnymi. Dla opracowania efektywnych metodyk prognozy własności ciał, wyprodukowanych z takich materiałów, oraz zachodzących w nich procesów konieczne są modele matematyczne opisu i badania tych własności oraz procesów w zależności od parametrów elektromagnetycznych, a również innych oddziaływań.

W pracy omówiono pytania modelowania matematycznego oraz zapotrzebowanych teorii oddziaływania wzajemnego pól o różnej naturze fizycznej przy opracowaniu wariantu opisu teoretycznego fizyczno-mechanicznych procesów w magnetycznie strykcyjnych środowiskach przy kompleksowych obciążeniach, jednym z których występują magnetyczne.

Rozważany został wariant modelu matematycznego opisu ilościowego mechanicznych oraz elektromagnetycznych własności magnetycznie strykcyjnych ciał przy oddziaływaniu wolno zmieniających się względem czasu pól magnetycznych. W ramach przybliżenia quasi-statycznego wyznaczanie parametrów magnetycznie sprężystego stanu takich ciał przy często stosowanych w procesach produkcyjnych mechanicznym lub elektromagnetycznym oddziaływaniach technologicznych sprowadzone jest do rozwiązywania układu równań magneto-sprężystości, zawierającego równania równowagi, magnetostatyki ośrodków ciągłych, zlinearyzowanych równań stanu magnetosprężystego oraz zależności Cauchego przy spełnieniu równań zgodności odkształceń Saint-Venanta. Do układu tego konieczne jest dołączenie pewnych mechanicznych oraz elektromagnetycznych warunków brzegowych. Mechaniczne warunki brzegowe odpowiadają zadanym na brzegu wartościom czynników mechanicznym (obciążeń oraz (lub) przemieszczeń), a jako warunki elektromagnetyczne są zadawane na brzegu wartości indukcji magnetycznej.

Jest aktualnym również uwzględnienie kompleksowego oddziaływania omówionych czynników oraz temperatury, co potrzebują rozwinięcia zaproponowanego podejścia.

B. BOZHENKO^{1,2}, O. HACHKEVYCH^{1,2}, R. IVAS'KO¹, M. SOLODYAK¹,
A. STANIK-BESLER²

¹ Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics
NASU (Ukraine)

² Opole University of Technology (Poland)

**SYMULACJA KOMPUTEROWA WŁAŚCIWOŚCI
ELEKTROMAGNETYCZNYCH ORAZ MECHANICZNYCH W
CIAŁACH MAGNETOSTRYKCYJNYCH PRZY ZEWNĘTRZNYM
TECHNOLOGICZNYM OBCIĄŻENIU MAGNETYCZNYM**

Dla efektywnego rozwiązywania różnych zagadnień inżynierskich stosowana jest z reguły metoda elementów skończonych (MES).

Skończono – elementowa analiza jest również stosowana dla rozwiązywania zagadnień mechaniki odkształcalnego ciała stałego, statyki, drgań, stateczności, dynamiki i wytrzymałości maszyn, konstrukcji, przyrządów, aparatów, urządzeń oraz budowli, tzn. całego spectrum produkcji różnych dziedzin przemysłu. Przy pomocy specjalistycznych wariantów MES efektywnie rozwiązywane są zagadnienia mechaniki konstrukcji, wymiany ciepła, elektromagnetyzmu i akustyki, mechaniki budowlanej i technologicznej (w szczególności powiązanej z procesami obróbki cieplnej, spawania, odlewnictwa), zagadnienia mechaniki pękania, mechaniki kompozytów oraz kompozytowych struktur.

W pracy na podstawie opracowanego wariantu modelu fizyczno-matematycznego opisu ilościowego własności mechanicznych oraz elektromagnetycznych ciał magnetostrykcyjnych przy oddziaływaniu wolno zmieniających się względem czasu pól magnetycznych rozważane są podejścia do symulacji komputerowej. Przy tym uwzględnione są znane terazniejsze oprogramowania do komputerowej symulacji pól elektromagnetycznych oraz mechanicznych w ciałach jednorodnych, wyprodukowanych z materiałów magnetostrykcyjnych, przy zewnętrznym oddziaływaniu magnetycznym, występującym w wielu zagadnieniach inżynierskich, powstających przy opracowaniu różnych procesów produkcyjnych.

Jako przykład modelowy z wykorzystaniem skończono-elementowego oprogramowania Comsol Multiphysics zbadano pozostałe parametry procesów elektromagnetycznych oraz mechanicznych w typowym nieliniowym prętowym przetwarzaczu magnetostrykcyjnym przy schematycznym uwzględnieniu powstających przy jego pracy elektromagnetycznych i mechanicznych zjawisk i abstrahowaniu od konkretnych istniejących technicznych oraz inżynierskich rozwiązań.

A. HACHKEVYCH^{1,2}, M. MACHORKIN¹, M. SOLODIK¹, A. STANIK-BESLER², A. TORSKIJ¹

¹ Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics
NASU (Ukraine)

² Opole University of Technology (Poland)

MODELOWANIE TERMOMECHANICZNEGO ZACHOWANIA TARCZ PRZEWODZĄCYCH ELEKTRYCZNOŚĆ PRZY UWZGLĘDNIENIU SIŁOWEGO I CIEPLNEGO CHYNNIKA TECHNOLOGICZNEGO ODDZIAŁYWANIA ELEKTROMAGNETYCZNEGO

Zaproponowana pozostała metodyka analizy zachowania termomechanicznego tarczy (warstwy) przy oddziaływaniu pola elektromagnetycznego (PEM) określonego przez zadane wartości składowych wektora natężenia pola magnetycznego na podstawach oraz rozważaniu wysokich częstotliwości (odpowiadających naskórkowemu charakteru rozkładu PEM) również jak niskich (przy głębinnym charakterze rozkładu PEM). Przy tym jako wyjściowe przyjmuje się formułowanie zagadnienia w pominięciu połączenia pól deformacji oraz temperatury. Rozwiązanie takiego zagadnienia realizowane jest w trzech etapach:

- w pierwszym etapie z równań elektrodynamiki wyznaczane są parametry PEM w przybliżeniu ustalonym oraz wyrażenia dla gęstości produkcji ciepłej (ciepła Joule'a) i sił ponderomotorycznych;
- w drugim etapie z równania przewodności ciepłej (w którym ciągle rozłożonymi źródłami ciepła występuje ustalona na pierwszym etapie produkcja ciepła) przy obecnych warunkach wymiany ciepła ze środowiskiem zewnętrznym określane jest pole temperatur;
- w trzecim etapie z dynamicznych równań termosprężystości, sformułowanych w przemieszczeniach, oraz obecnych warunków brzegowych (przy znanej temperaturze i siłach ponderomotorycznych) znajduje się przemieszczenia, a następnie – odpowiadające im naprężenia.

Natężenie pola magnetycznego rozważane jest w harmonicznym względem czasu przybliżeniu (w pominięciu przebiegiem przejściowym).

Zgodnie ze strukturą natężeń pól elektrycznego oraz magnetycznego, czynniki oddziaływania PEM posiadają niezależny od czasu i harmoniczne (o częstotliwości kołowej 2ω) składowe, które określają strukturę temperatury oraz składowych wektora przemieszczeń i tensora naprężeń.

Otrzymano analityczne postaci dla obecnych składowych natężenia pola magnetycznego, temperatury, przemieszczeń oraz tensora naprężeń dla rozpatrywanej warstwy.

A. HACHKEVYCH^{1,2}, M. MACHORKIN¹, M. SOLODIK¹,
A. STANIK-BESLER², A. TORSKIJ¹

¹Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics
NASU (Ukraine)

²Opole University of Technology (Poland)

BADANIA PÓŁ TEMPERATURY ORAZ NAPRĘŻEŃ W WARSTWIE PRZEWODZĄCEJ ELEKTRYCZNOŚĆ W ZAGADNIENIACH PROCESÓW WYTWÓRCZYCH REALIZOWANYCH PRZY WYKORZYSTANIU MONOCHROMATYCZNYCH ODDZIAŁYWAŃ ELEKTROMAGNETYCZNYCH

W opracowaniu podane są wyniki badań pól temperatury oraz naprężeń w nieferromagnetycznej warstwie przewodzącej elektryczność przy oddziaływaniu często stosowanego w procesach wytwórczych harmonicznego względem czasu pola elektromagnetycznego (PEM), określonego przez zadane wartości natężenia pola magnetycznego na podstawach przy szerokim przedziale częstotliwościowym jego zwiany.

W wyniku numerycznym badań rozważanych pól w warstwie wyprodukowanej z miedzi ujawnione pozostały zjawiska rezonansowe, spowodowane okresowymi względem czasu składowymi czynnikami oddziaływania PEM - istotny wzrost wartości amplitud temperatury oraz składowych przemieszczeń i naprężeń. Otrzymano, że otoczenie częstości rezonansowych (w których te zjawiska są istotne) zależą od charakteru rozkładu natężeń PEM względem grubości. W otoczeniu częstości rezonansowych głównym czynnikiem określającym mechaniczne zachowanie warstwy jest siła ponderomotoryczna. Poza tym otoczeniem stan sprężysto-odkształcalny spowodowany jest praktycznie oddziaływaniem ciepła Joule'a.

Prawidłowości rozkładów temperatury oraz naprężeń w warstwie pozostają praktycznie takimi jak i znane przy określeniu PEM przez wartości natężenia pola elektrycznego na podstawach warstwy.

Stan termosprężysty nieferromagnetycznej (miedzianej) warstwy przy oddziaływaniu okresowego względem czasu pola magnetycznego istotnie zależy od wartości H_0 amplitudy natężenia pola magnetycznego danego na powierzchniach warstwy oraz parametru $\gamma = \frac{l}{\delta}$, gdzie l – grubość warstwy,

$\delta = \sqrt{\frac{1}{\pi\nu\mu\sigma}}$ – parametr zastępczej głębokości wnikania PEM do warstwy, ν – częstość PEM, μ – przenikalność magnetyczna, σ – współczynnik

przewodności elektrycznej.

Przy małych γ (z dokładnością do 1% dla $\gamma < 0,1$) konieczne jest uwzględnienie ustalonej składowej temperatury również jak okresowej. Quasi-statyczne składowe przemieszczeń oraz naprężeń odpowiadające okresowym względem czasu składowym ciepła Joule'a, w tym przypadku mogą przyjmować wartości jednego rzędu z wartościami quasi-statycznych składowych, spowodowanych niestacjonarną składowa temperatury. Określone są te wartości częstości oraz grubości warstwy l dla których wartości ustalonych składowych temperatury i przemieszczeń oraz okresowych składowych są jednego rzędu.

O. HACHKEVYCH^{1,2}, R. KUSHNIR², Y. NIEMIROVSKII³,
R. TERLETSKII², O. TURII²

¹ Opole University of Technology (Poland)

² Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics
NASU (Ukraine)

³ Khristianovich Institute of Theoretical and Applied Mechanics Siberian
Branch of Russian Academy of Sciences

MODELOWANIE PRZENIESIENIA CIEPŁA I STANU SPRĘŻYSTEGO W TARCZACH DWUWARSTWOWYCH PRZY TECHNOLOGICZNYM OPROMIENIOWANIU CIEPLNYM

W różnych procesach produkcyjnych czynnikiem technologicznym jak i eksploatacyjnym często występuje napromieniowanie cieplne. W danym opracowaniu wykonano modelowanie matematyczne rozpowszechnienia promieniowania oraz przeniesienia ciepła w napromieniowywanych dwuwarstwowych tarczach o składowych różnej przezroczystości, wykorzystywanych w urządzeniach o szerokim zastosowaniu. Powierzchnia kontaktu modelowana jest przez płaszczyznę o zadanych na obydwóch jej stronach wartościach radiacyjnych charakterystyk materiału warstw, a warunki kontaktu cieplnego przyjęte są jako idealne. Otrzymane są analityczne wyrażenia charakterystyk pola promieniowania oraz produkcji ciepłej w tarczy i strumieni ciepła na powierzchniach i granice podziału warstw. Na podstawie sformułowanych względem składowych tensora naprężeń kluczowych zależności temperaturowego zagadnienia teorii sprężystości wyznaczono naprężenia w tarczy przy różnych warunkach zamocowania brzegu.

Przy przyjętych założeniach otrzymano wyjściowe zależności określające rozpowszechnienie promieniowania oraz ciepła w napromieniowywanych dwuwarstwowych tarczach w zależności od przezroczystości dla rozważanego promieniowania istniejących warstw.

Zapisano analityczne wyrażenia opisujące charakterystyki pola promieniowania w częściowo przezroczystym obszarze tarczy, przez które określono produkcję ciepłą oraz strumieni ciepła, spowodowane adsorpcją energii cieplnej przez granicę podziału warstw o innych przezroczystościach. Otrzymane zostały również wyrażenia dla różnych od zera składowych tensora naprężeń, odpowiadające wybranym warunkom zamocowania brzegu.

B. BOZHENKO^{1,2}, O. HUMENCHUK², A. MARYNOWICZ¹
R. TERLETSKII², O. TURII²

¹Opole University of Technology (Poland)

²Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics
NASU (Ukraine)

**MODEL MATEMATYCZNY ILOŚCIOWEGO OPISU
TERMOMECHANICZNEGO ZACHOWANIA DWUWARSTWOWEJ
TARCZY O WARSTWACH RÓŻNEJ PRZEZROCZYSTOŚCI PRZY
OPROMIENIOWANIU CIEPLNYM ZE STRONY WARSTWY
NIEPRZEZROCZYTEJ**

W poprzednim referacie sformułowany został model matematyczny ilościowego opisu termomechanicznego zachowania podstawowej dwuwarstwowej tarczy o warstwach różnej przezroczystości przy jednostronnym napromieniowywaniu cieplnym. W niniejszym referacie ten model skonkretyzowany został dla przypadku napromieniowania cieplnego tarczy ze strony warstwy nieprzezroczystej. Zapisano przy tym wyjściowe składowe zagadnienia modelu. Zaproponowano metodykę rozwiązywania sformułowanego nieliniowego kontaktowo-brzegowego zagadnienia termosprężystości, opisującego procesy przeniesienia ciepła w rozważanych napromieniowywanych tarczach oraz ich zachowania termomechanicznego. Oparta ona na metodach: sprowadzania jednowymiarowych względem przestrzennych współrzędnych kontaktowo-brzegowych zagadnień przewodzenia cieplnego do równoważnego nieliniowego układu całkowych równań typu Woltery względem czasu oraz ich dalszego rozwiązywania z wykorzystaniem metody uogólnionych funkcji typu funkcji Greena; kolejnych przybliżeń i różnic skończonych przy zastosowaniu niejawnego schematu różnicowego. Przy tym charakterystyki stanu termosprężystego w warstwach wyznaczone są analityczno-numeryczną metodą (z wykorzystaniem całkowania numerycznego) na podstawie otrzymanych analitycznych rozwiązań temperaturowego kontaktowego zagadnienia teorii sprężystości (sformułowanego względem składowych tensora naprężeń).

Przy numerycznym badaniu jako materiały składowych warstw tarczy wybrane pozostały: typowy częściowo przezroczysty materiał – szkło C95-3 oraz nieprzezroczysty – stal X18H9 TJ.

Otrzymano szereg nowych prawidłowości zachowania termomechanicznego tarczy w zależności od właściwości radiacyjnych materiałów warstw, ich grubości oraz temperatury źródła promieniowania, które mogą być korzystne przy opracowaniu przebiegów celowej obróbki cieplnej przy pomocy promieniowania podczerwonego konkretnych płasko-warstwowych konstrukcyjnych elementów typu tarcz (napromieniowanych ze strony warstwy nieprzezroczystej).

M. GAJEK¹, T. KOURNYTS'KYI², R. TERLETSKI², O. TURII²,
J. SZYMCZAK¹

¹ Opole University of Technology (Poland)

² Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics
NASU (Ukraine)

**MODEL MATEMATYCZNY ILOŚCIOWEGO OPISU
TERMOMECHANICZNEGO ZACHOWANIA DWUWARSTWOWEJ
TARCZY O WARSTWACH RÓŻNEJ PRZENIKALNOŚCI PRZY
OPROMIENIOWANIU CIEPLNYM ZE STRONY WARSTWY
CZĘŚCIOWO PRZEZROCZYSTEJ**

W inżynierskiej praktyce często dwuwarstwowe tarczy przy warstwach o różnej przenikalności dla promieniowania podczerwonego są napromieniowywane ze strony warstwy częściowo przezroczystej. W niniejszym referacie model matematyczny rozważany poprzednio został skonkretyzowany dla omówionego przypadku przy napromieniowaniu cieplnym.

Również jak wcześniej sformułowano odpowiednie składowe zagadnienia fizyki matematycznej, opisujące obecne pola o różnej naturze fizycznej: promieniowania, ciepłne i mechaniczne. Zaproponowano metodyki rozwiązywania tych zagadnień, oparte na metodach: sprowadzania jednowymiarowych względem przestrzennych współrzędnych nieliniowych kontaktowo-brzegowych zagadnień przewodności cieplnej do równoważnego nieliniowego układu równań całkowych typu Voltery względem czasu; quasi-linearyzacji nieliniowych brzegowych i kontaktowych warunków; kolejnych przybliżeń i różnic skończonych przy zastosowaniu niejawnego schematu różnicowego.

Przy tym jak poprzednio składowe tensora naprężeń w warstwach wyznaczone są analityczno-numeryczną metodą (z wykorzystaniem całkowania numerycznego) na podstawie otrzymanych analitycznych rozwiązań odpowiedniego zagadnienia temperaturowego teorii sprężystości dla warstwowej tarczy (sformułowanego względem różnych od zera składowych tensora naprężeń).

W wyniku analizy rozwiązań otrzymane zostały nowe prawidłowości w rozkładach pól temperatury i naprężeń w zależności od radiacyjnych oraz cieplnych i mechanicznych charakterystyk materiałów warstw, ich grubości i temperatury źródła promieniowania, które mogą być uwzględnione przy optymalizacji reżimów obróbki z wykorzystaniem promieniowania cieplnego konkretnych płasko-warstwowych konstrukcyjnych elementów.

B. BOZHENKO^{1,2}, M. GAJEK¹, O. HUMENCHUK², E. IRZA²,
V. MOZHAROVSKY³

¹Opole University of Technology (Poland)

²Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics
NASU (Ukraine)

³Gomel State University (Belarus)

MODELOWANIE CZYNNIKÓW ODDZIAŁYWANIA PROMIENIOWANIA CIEPLNEGO W WYDRAŻONEJ DWUWARSTWOWEJ KULI PRZY TECHNOLOGICZNYM OPROMIENIOWANIU CIEPLNYM

Szerokie zastosowanie funkcjonalnych i konstrukcyjnych warstwowych elementów wyprodukowanych z częściowo przezroczystego dla promieniowania ciepłego materiału w różnych urządzeniach, a również promieniowania ciepłego jako technologicznego czynnika nagrzewania, powoduje konieczność określenia stanu ciepłego takich elementów w procesach ochłodzenia jak eksploatacji przy obecności oddziaływania promieniowania. Przy tym pochłaniania energii promieniowania przez materiał prowadzi do powstania objętościowej produkcji ciepłej (źródła ciepła), która powoduje nagrzewanie ciała.

W niniejszej pracy zaproponowany został model opisu ilościowego pola promieniowania oraz spowodowanej im produkcji ciepłej w wydrążonej dwuwarstwowej szklanej kuli przy napromieniowaniu ciepłym, które są wyjściowymi przy analizie właściwości cieplnych i mechanicznych takich elementów warstwowych.

Rozważana jest wydrążona dwuwarstwowa szklana kula przy napromieniowaniu ciepłym powstającym od nagrzanej powierzchni sferycznej współśrodkowej do zewnętrznej powierzchni kuli. Warstwy kuli są o różnej przezroczystości dla promieniowania ciepłego.

Przy modelowaniu wymiany ciepła przez promieniowanie, powstającej w kuli przy napromieniowaniu ciepłym, przyjęte są następujące założenia:

- środowisko zewnętrzne w warunkach wymiany ciepła z którym przebywa kula V – przezroczyste dla promieniowania;
- charakterystyki materiału warstw kuli nie zależą od temperatury i równe średnim wartościom na czasowym przedziale nagrzewania;
- temperatura T_{rad} wzbudnika oraz środowiska zewnętrznego T_c podtrzymywane są stałymi w procesie nagrzewania kuli;
- powierzchni rozgraniczające środowiska są dyfuzyjnymi dla promieniowania;
- kula nagrzewana jest do maksymalnej temperatury T_* , która jest istotnie

niższa od temperatur transformacji materiałowej składowych oraz znacznie mniejsza od T_{rad} .

Przy przyjętych założeniach schemat obliczeniowy sprowadzony pozostał do zagadnienia fenomenologicznej teorii promieniowania, opartej na prawie Plancka oraz równaniu przeniesień w przybliżeniu niemisyjnego i nierozpraszającego częściowo przezroczystego materiału.

O. HACHKEVYCH^{1,2}, R. KUSHNIR², O. HUMENCHUK², E. IRZA²,
V. MOZHAROVSKY³

¹Opole University of Technology (Poland)

²Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics
NASU (Ukraine)

³Gomel State University (Belarus)

MODEL TERMOMECHANIKI OPISUJĄCY WŁAŚCIWOŚCI CIEPLNE ORAZ MECHANICZNE CZĘŚCIOWO PRZEZROCZYSTEJ DWUWARSTWOWEJ KULI WYDRAŻONEJ PRZY TECHNOLOGICZNYM NAPROMIENIOWANIU CIEPLNYM

Warstwowe szklane kuliste elementy szeroko stosowane są w oceanologii. Przez nie modelowane są również wybrane elementy innych wyrobów, w szczególności techniki próżniowej. Przy ich produkcji często wykorzystywane jest promieniowanie podczerwone, w tym cieplne. Wspomniane napromieniowanie może występować i przy eksploatacji wyrobów. Konieczne jest opracowanie metody oszacowania właściwości takich elementów przy napromieniowaniu podczerwonym.

W pracy zaproponowano metodologie modelowania zachowania termomechanicznego częściowo przezroczystej dwuwarstwowej kuli wydrążonej przy napromieniowaniu cieplnym. Przy tym ona opiera się na znanym modelu matematycznym ilościowego opisu stanu sprężysto-odkształcalnego ciała częściowo przezroczystych przy napromieniowaniu cieplnym, w którym ten stan powiązuje się z obecnością objętościowych źródeł ciepła powstających na skutek pochłaniania przez materiał energii promieniowania. Siły ponderomotoryczne oddziaływania pola promieniowania pomija się w moc ich małych wartości dla rozpatrywanego promieniowania.

Rozważana jest dwuwarstwowa kula wydrążana, która w zaproponowanym formułowaniu zagadnienia przyjmowana jest jako jednowarstwowa wydrążona, a jej warstwowy charakter uwzględniany jest przez obecne wartości fizyczno-mechanicznych charakterystyk materiału jako kawałkami jednorodnych wzdłuż promienia kuli. Takie ujęcie pozwala na efektywne wykorzystanie przy rozwiązaniu odpowiednich zagadnień etapowych metod numerycznych.

Schemat obliczeniowy zagadnienia mieści dwa etapy:

- w pierwszym etapie rozwiązywane jest zagadnienie teorii przewodności cieplnej przy znanej właściwej mocy przestrzennie rozłożonych źródeł ciepła;
- w drugim etapie wyznaczane są parametry stanu sprężysto-odkształcalnego spowodowanego polem temperatur na podstawie zagadnienia termosprężystości dla rozważanego układu warstwowego.

Zagadnienie termosprężystości sformułowane jest względem przemieszczeń w ujęciu quasi-statycznym.

Przy rozwiązywaniu korzysta się z metody reszt warzonych w połączeniu z podejściem skończono-elementowym.

III. OPTYMALIZACJA WARUNKÓW REALIZACJI PROCESÓW WYTWÓRCZYCH



I. MULICKA, M. GAJEK

Opole University of Technology (Poland)

SPOŁECZNE WARUNKI PRACY WE WSPÓŁCZESNEJ FIRMIE

Ludzie zatrudnieni w firmie czyli w organizacji, to pracownicy, bez których organizacja nie może funkcjonować, a wręcz nie istnieje. Nawet najnowocześniejszy świat techniki, najlepsze technologie i cała aparatura informatyczna oraz najlepsza teoria zarządzania nie mają możliwości zaistnieć bez pracowników różnych szczebli.

Relacje międzyludzkie, atmosfera i klimat są zależne od charakterów i osobowości osób w niej pracujących. Istnieje jednak wspólny mianownik dla współczesnych przedsiębiorstw wszystkie wyróżnia określona struktura organizacyjna oraz szereg procesów związanych z zarządzaniem zasobami ludzkimi. W Polsce na przełomie XX i XXI wieku zaczęto wprowadzać w organizacjach już istniejących i tych co powstawały, nowoczesne podejście, na wzór zachodni, do funkcji personalnej. Każda firma rządzi się swoimi prawami i obiera swoją własną strategię funkcjonowania.

Na społeczne warunki pracy składa się wiele elementów, których kształtowanie zależy od polityki i świadomości pracodawcy. Do społecznych warunków pracy należy zaliczyć: stosunki międzyludzkie w organizacji, system motywacji, możliwość partycypacji, czyli udziału pracowników w zarządzaniu, kulturę organizacji i jej klimat oraz komunikację społeczną. Szczególnie istotnym aspektem społecznych warunków pracy jest socjalna działalność zakładu pracy, która pozwala zaspokoić potrzeby pracowników.

Kształtowanie społecznych warunków pracy w organizacji ma za zadanie [...], „umacnianie więzi między zakładem a pracownikiem, wzrost wydajności pracy, zmniejszenie liczby wypadków przy pracy, poprawę atmosfery pracy i zdrowia pracowników”³.

Kulturę organizacyjną przedsiębiorstwa można określić jako zbiór podstawowych przekonań, zasad, które to w toku istnienia firmy zaczęto stosować w celu rozwiązania wszelkich problemów wynikających z kontaktów z otoczeniem społecznym i gospodarczym firmy. Kreowanie kultury organizacji ma przede wszystkim za zadanie wspomagać realizację celów. Dlatego takie postępowanie, jak utrzymanie, rozwijanie i wzmacnianie pozytywnych aspektów kultury, pielęgnowanie klimatu wśród pracowników, zbliża każde

³ I. Mulicka, M. Gajek, Warunki pracy w przemyśle Śląska Opolskiego w okresie przemian, Politechnika Opolska, SiM z. 142, Opole 2003 s. 44.

przedsiębiorstwo do uzyskania sukcesu oraz pogłębia zaangażowanie członków zespołu.

W kształtowaniu kultury organizacyjnej ma szczególnie duży udział komunikacja społeczna, bez której nie ma socjalizacji, kierowania, organizowania, motywowania czy oceniania pracowników. Celem komunikacji społecznej jest kształtowanie, modyfikacja lub zmiana wiedzy, postaw i zachowań zgodnie z interesami i wartościami oddziałujących na siebie nadawców i odbiorców.

Atmosfera pracy jest pochodną organizacji pracy w firmie i przyjętym stylem kierowania.

Na podstawie wieloletnich badań obejmujących warunki pracy, w tym społeczne warunki pracy można stwierdzić, że atmosfera pracy, która tak trudna jest do zdefiniowania, rzutuje nie tylko na społeczne warunki pracy, których jest elementem, ale i pośrednio decyduje o efektywności pracowników.

S. BUDZ¹, K. GHAZARYAN², M. HACHKEVYCH¹,
O. HACHKEVYCH^{1,3}, A. STANIK-BESLER³

¹ Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics
NASU (Ukraine)

² Institute of Mechanics ANA (Armenia)

³ Opole University of Technology (Poland)

OPTYMALIZACJA PRZEBIEGÓW NAGRZEWANIA KONWEKCYJNEGO SZKLANEJ KAWALKAMI JEDNORODNEJ CYLINDRYCZNEJ POWŁOKI PRZY IZOLACJI CIEPLNEJ POWIERZCHNI WEWNĘTRZNEJ

Zaproponowano wariant matematycznego sformułowania zagadnienia optymalizacji względem poziomu mechanicznych naprężeń przebiegów konwekcyjnego nagrzewania technologicznego przez środowisko zewnętrzne szklanej kawałkami jednorodnej powłoki cylindrycznej przy izolacji cieplnej powierzchni wewnętrznej oraz numeryczno-analityczną metodę rozwiązywania tego zagadnienia. Takie warunki cieplne obecne są przy degazacji szklanej powłoki, przy której kiedy wewnątrz jej osiąga się prawie próżnię.

Optymalizacja realizuje się drogą zmiany temperatury środowiska zewnętrznego, która (lub temperatura powierzchni zewnętrznej) występuje funkcją sterowania. Przy tym zakłada się że rozkład temperatury względem grubości powłoki opisywany jest wielomianem trzeciego stopnia, a warunkiem optymalności występuje minimum funkcjonału maksymalnych normalnych naprężeń. Termomechaniczny stan powłoki określa się przez zależności niepołączonej teorii termosprężystości cienkich powłok przy termoczołym współczynniku rozszerzalności cieplnej materiału.

Rozwiązywanie zagadnienia oparte jest na zasadzie po etapowej optymalizacji parametrycznej przy wykorzystaniu na etapie poszukiwania warunkowego minimum funkcjonału iteracyjnej metody lokalnych wariacji, w której podstawowymi są wariacje w przestrzeni stanów funkcji sterowania przy wiadomym rozwiązaniu zagadnienia prostego.

Początkowe przybliżenie funkcji sterowania określone przez iteracyjny algorytm, oparty na rozwiązaniu zagadnienia optymalizacji przebiegu nagrzewania dla jednorodnej powłoki sferycznej przy obecności pewnych ograniczeń względem temperatury oraz składowych tensora naprężeń z kolejnym wykorzystaniem wartości parametrów stanu sprężysto-odkształcalnego dla rozważanej kawałkami jednorodnej powłoki obliczonych przy już znanej wartościach funkcji sterowania.

Jako przykład wyznaczono i przeanalizowano optymalny przebieg nagrzewania dla kawałkami jednorodnej cylindrycznej powłoki, składającej się z trzech różnorodnych części przy zależności funkcji sterowania (temperatury powierzchni zewnętrznej) tylko od czasu (jednorodne nagrzewanie).

S. BUDZ¹, K. GHAZARYAN², M. HACHKEVYCH¹,
O. HACHKEVYCH^{1,3}, A. STANIK-BESLER³

¹ Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics
NASU (Ukraine)

² Institute of Mechanics ANA (Armenia)

³ Opole University of Technology (Poland)

OPTIMALIZACJA PRZEBIEGU NAGRZEWANIA SZKLANEJ KAWALKAMI JEDNORODNEJ POWŁOKI WALCOWEJ PRZY WYMIANIE CIEPŁA PRZEZ KONWEKCJĘ ZE ŚRODOWISKIEM WEWNĘTRZNYM

W wielu technologiach produkcji kawałkami jednorodnych szklanych powłok o różnym zastosowaniu korzysta się z nagrzewania technologicznego ze strony środowiska zewnętrznego przy wymianie ciepła przez konwekcję ze środowiskiem wewnętrznym.

W niektórych technologicznych przebiegach calowego nagrzewania konieczna jest pewna jego trwałość przy wybranej (maksymalnej) temperaturze, w szczególności, w procesie połączenia składowych części powłoki za pomocą sytałocementu. Taki osobliwości technologicznego procesu konieczne są do uwzględnienia przy formułowaniu odpowiednich zagadnień optymalizacji.

W pracy podany jest wariant matematycznego formułowania oraz skonkretyzowana metodyka rozwiązania zagadnienia optymalizacji względem stanu naprężeń przebiegu nagrzewania zewnętrznym środowiskiem szklanej kawałkami jednorodnej powłoki walcowej przy wymianie ciepła przez konwekcję ze środowiskiem wewnątrz powłoki. Przy tym uwzględniana jest konieczna technologiczna trwałość procesu nagrzewania przy pewnej stałej (zadanej) temperaturze.

Opracowaną metodę optymalizacji zilustrowano na kawałkami jednorodnej powłoce walcowej, składującej się z trzech różnych części przy nagrzewaniu jednorodnym (przy zależności funkcji sterowania, którą występuje temperatura zewnętrznej powierzchni powłoki, tylko od czasu). Przy tym wykorzystano przedstawienie temperatury względem współrzędnej grubościowej przy pomocy wielomianu trzeciego stopnia, a również układu równań opisujących uśrednione charakterystyki temperaturowe i odpowiedni składowe przemieszczeń i naprężeń dla cienkich powłok cylindrycznych (przy przyjętym przybliżeniu quasi-statycznym opisu zachowania termomechanicznego takich powłok z uwzględnieniem termozułości współczynnika rozszerzalności cieplnej materiału).

Numeryczna analiza wykazała, że technologiczna trwałość nagrzewania przy stałej temperaturze oraz rozważane warunki wymiany ciepła na powierzchni wewnętrznej powłoki nie zmieniają charakteru naprężeń rozciągających, mogą one jednak powodować zmianę miejsca przekroju obliczeniowego. Rezultaty przy naturalnej wymianie ciepła przez konwekcję ($Bi \leq 0,1$) na powierzchni wewnętrznej pokrywają się z analogicznymi przy jej izolacji cieplnej.

M. HACHKEVYCH¹, O. HACHKEVYCH^{1,2}, E. IRZA¹,
A. STANIK-BESLER², V. MOJAROVSKI³

¹ Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics
NASU (Ukraine)

² Opole University of Technology (Poland)

³ Gomel State University (Belarus)

ZAGADNIENIE PROSTE TERMOMECHANIKI DLA SZKLANYCH KAWAŁKAMI JEDNORODNYCH POWŁOK PRZY OPTYMALIZACJI PRZEBIEGÓW NAGRZEWANIA TECHNOLOGICZNEGO

W znanej w literaturze metodzie optymalizacji przebiegów nagrzewania technologicznego stosowanego we wielu procesach powiązanych z wytwarzaniem szklanych kawałkami jednorodnych powłokowych konstrukcji, istotnym jest rozwiązywanie zagadnień prostych termomechaniki dla obecnych typów składowych elementów przy zadanych obciążeniach cieplnych i siłowych. Obciążenia te określane są przez odpowiednie zależności temperatury środowiska zewnętrznego oraz obciążenia siłowego od współrzędnych i czasu, a również przez cieplne i mechaniczne początkowe i brzegowe warunki. Jako teorię opisującą sprężysto-odkształcalny stan rozważanych powłok wybrano model niepowiązanego quasi-statycznego zagadnienia termosprężystości przy zależnym od temperatury współczynnika rozszerzalności cieplnej. Ta teoria często wykorzystywana jest przy określeniu zachowania termomechanicznego szklanych elementów o różnym zastosowaniu. Przy tym zagadnienia przewodności cieplnej oraz mechaniczne są nie powiązane i schemat obliczeniowy wyjściowego zagadnienia prostego sprowadza się do wyznaczania na pierwszym etapie pola temperatur na podstawie odpowiedniego zagadnienia przewodności cieplnej dla rozpatrywanej kawałkami jednorodnej powłoki przy obecnych cieplnych początkowych i brzegowych warunkach. Ciepłe charakterystyki materiału przyjmowane są jako stałe (o wartościach średnich na przedziale nagrzewania lub wybranych w inny sposób). Na kolejnym etapie określane są parametry opisujące sprężysto-odkształcalny stan powłoki na podstawie zależności termosprężystości cienkich powłok, uwzględniających termoczułość współczynnika rozszerzalności cieplnej.

Sformułowane są wyjściowe w proponowanej metodzie optymalizacji zagadnienia proste termosprężystości dla składowych elementów (części) rozważanej kawałkami jednorodnej powłoki: powłok sferycznej oraz stożkowej. Zagadnienie proste dla powłoki cylindrycznej jako elementu powłoki złożonej sformułowane zostało w poprzednich pracach autorów.

S. BUDZ¹, M. HACHKEVYCH¹, R. IVAŠKO¹,
A. KOZIARSKA², B. TRISZ³

¹ Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics
NASU (Ukraine)

² Opole University of Technology (Poland)

³ Ivan Franko National University of L'viv (Ukraine)

OPTYMALIZACJA PRZEBIEGÓW TECHNOLOGICZNEGO NAGRZEWANIA SZKLANEJ KAWAŁKAMI JEDNORODNEJ CYLINDRYCZNEJ POWŁOKI SPRĘŻONEJ ZE SFERYCZNĄ

Z wykorzystaniem znanych sformułowań zagadnień prostych oraz metodyki optymalizacji względem stanu naprężeń przebiegów nagrzewania technologicznego szklanych kawałkami jednorodnych powłok wyznaczane i badane są takie przebiegi w szklanych powłokach złożonych z elementów o różnej geometrii: kawałkami jednorodnej cylindrycznej powłoki sprężonej ze sferyczną. Przy tym funkcją sterowania występuje jednorodna temperatura środowiska zewnętrznego.

Zaburzenia pola temperatur w południkowym kierunku w otoczeniu przekroju sprężenia składowych powłokowych części nie uwzględnia się (przyjmuje się że pole temperatur zależy tylko od współrzędnej grubościowej γ ($-h \leq \gamma \leq h$) oraz czasu τ , a przemieszczenia – od grubościowej współrzędnej γ , południkowej z i czasu τ).

Otrzymano, że przy nagrzewaniu od temperatury początkowej do maksymalnej rozciągające naprężenia termiczne powstają na wewnętrznej powierzchni, a przy chłodzeniu – na zewnętrznej. Przy tym na powierzchni wewnętrznej obliczeniowymi nieprężeniami są pierścieniowe, a na zewnętrznej – południkowe.

Ustalono, że przy wartości kąta $\varphi_* \geq 30^0$ (φ_* – kąt między obrotową osią i normalną do powierzchni zewnętrznej, przechodzącą przez krańcowy (od połączenia) przekrój powłoki sferycznej) maksymalne naprężenia powstają w części cylindrycznej i w zaproponowanej metodzie optymalizacji nie wpływają na optymalne prawo zmiany w czasie funkcji sterowania. W ten sposób przy takich kątach połączenia w metodzie optymalizacji może być wykorzystany więc prosty dla realizacji względem matematycznych przekształceń schemat – rozważana kawałkami jednorodna powłoka zastąpiona jest przez jednorodną cylindryczną powłokę (sferyczna część zastąpiona przez cylindryczną wyprodukowaną z materiału sferycznej).

B. CHORNYJ¹, M. HACHKEVYCH², L. HAYEVŠKA²,
E. IRZA², A. KOZIARSKA³

¹ L'viv branch of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport
(Ukraine)

² Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics
NASU (Ukraine)

³ Opole University of Technology (Poland)

OPTYMALIZACJA PRZEBIEGÓW NAGRZEWANIA TECHNOLOGICZNEGO SZKLANEJ KAWAŁKAMI JEDNORODNEJ CYLINDRYCZNEJ POWŁOKI SPRĘŻONEJ ZE STOŻKOWĄ

W praktyce inżynierskiej szeroko stosowane są powłoki składające się z części cylindrycznych połączonych w powłokowymi częściami o innej geometrii. W szczególności w technice próżniowej wykorzystuje się szklane konstrukcje składające się z powłokowych cylindrycznych elementów sprzężonych ze stożkowymi.

W pracy znaną metodę optymalizacji przebiegów nagrzewania kawałkami jednorodnych powłok adaptowano na przypadek jednorodnego nagrzewania (nagrzewanie względem grubości) złożonych powłok: skończonej kawałkami jednorodnej cylindrycznej powłoki sprzężonej ze stożkową zamkniętą w wierzchołku. Przy tym pomija się zaburzenia pola temperatur w otoczeniu przekrojów sprzężenia składowych powłokowych części dla rozważanych typów szkieł i grubości powłok.

Również jak dla powłoki cylindrycznej sprzężonej ze sferyczną otrzymano, że przy nagrzewaniu od temperatury początkowej do maksymalnej kawałkami jednorodnej cylindrycznej powłoki sprzężonej ze stożkową rozciągające naprężenia termiczne powstają na wewnętrznej powierzchni, a przy chłodzeniu – na zewnętrznej. Przy tym na powierzchni wewnętrznej obliczeniowymi nieprężeniami są pierścieniowe, a na zewnętrznej – południkowe.

Ustalono że i w rozważanym przypadku przy wartości kąta $\varphi_* \geq 30^0$ (φ_* – kąt między obrotową osią i normalną do powierzchni zewnętrznej, przechodzącą przez krańcowy (od połączenia) przekrój powłoki stożkowej) maksymalne naprężenia powstają w części cylindrycznej i w zaproponowanej metodzie optymalizacji naprężenia w stożkowej części nie wpływają na przebieg funkcji sterowania. Jak i poprzednio przy takich kątach połączenia w metodzie optymalizacji może być wykorzystany więc prosty dla realizacji względem matematycznych przekształceń schemat – rozważana kawałkami jednorodna powłoka zastąpiona jest przez jednorodną cylindryczną powłokę (stożkowa część zastąpiona przez cylindryczną wyprodukowaną z materiału stożkowej).

O. HACHKEVYCH^{1,2}, M. HACHKEVYCH¹, R. KUSHNIR¹,
A. STANIK-BESLER², D. TARŁAKOVSKI³

¹ Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics
NASU (Ukraine)

² Opole University of Technology (Poland)

³ Moscow Aviation Institute (State University of Aerospace Technologies),
Institute of Mechanics Lomonosov Moscow State University (Russia)

METODA OPTYMALIZACJI PRZEBIEGÓW NAGRZEWANIA TECHNOLOGICZNEGO KAWAŁKAMI JEDNORODNYCH POWŁOK PRZY OBECNOŚCI ŹRÓDEŁ CIEPŁA I OBCIĄŻENIA SIŁOWEGO

W wielu technologicznych procesach produkcji metalowych jak i niemetalowych elementów i urządzeń szeroko wykorzystywane jest kombinowane nagrzewanie – droga konwekcyjnej wymiany ciepła z zewnętrznym środowiskiem grzejącym oraz źródłami ciepła (nagrzewanie towarzyszące), które mogą postawać w różny sposób, w szczególności mogą być wytwarzane przez promieniowanie elektromagnetyczne. Te elementy mogą również zaznawać oddziaływania zewnętrznego obciążenia siłowego. Znane są sposoby ponizenia poziomu stanu sprężysto-odkształcalnego jednorodnych powłokowych elementów konstrukcji przy pomocy dodatkowego lokalnego podgrzewania lub obciążenia siłowego w obszarach powstania maksymalnych poziomów naprężeń.

W pracy wykorzystano obecną w literaturze metodykę optymalizacji względem stanu naprężeń przebiegów konwekcyjnego nagrzewania kawałkami jednorodnych powłok przy formułowaniu i rozwiązywaniu zagadnień optymalizacji przebiegów konwekcyjno-źródłowego nagrzewania konkretnych kawałkami – jednorodnych powłok, stosowanego przy sklejanii, wyżarzaniu, odgazowaniu przy obecności obciążenia siłowego. Przy tym w metodzie optymalizacji konkretyzowane jest zadanie proste: obecnością źródeł ciepła w równaniu przewodności ciepłej oraz obecnością obciążenia siłowego w równaniach równowagi oraz następnie w odpowiednich kluczowych równaniach termomechaniki.

Wyznaczone i przeanalizowane optymalne przebiegi nagrzewania kawałkami jednorodnej powłoki cylindrycznej, zawierającej trzy różne części. Ustalono, że dodatkowe towarzyszące podgrzewanie źródłami ciepła w rozważanych przypadkach pozwala na zmniejszenie trwałości nagrzewania (w porównaniu z przebiegiem, w którym stosowany jest tylko nagrzewanie konwekcyjne) przy tej że maksymalnej temperaturze nagrzewania powierzchni i tych że maksymalnych wartościach naprężeń dopuszczalnych.

M. GAJEK¹, M. HACHKEVYCH², O. HACHKEVYCH^{1,2},
R. KUSZNIR², A. RAWSKA-SKOTNICZNY³

¹Opole University of Technology (Poland)

²Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics
NASU (Ukraine)

³University of Bielsko-Biala (Poland)

**OPTYMALIZACJA WZGLĘDEM STANU NAPRĘŻEŃ
PRZEBIEGÓW NAGRZEWANIA TECHNOLOGICZNEGO
SZKLANEJ KAWAŁKAMI JEDNORODNEJ CYLINDRYCZNEJ
POWŁOKI SPRZEŻONEJ ZE SFERYCZNĄ PRZY OBECNOŚCI
ŹRÓDEŁ CIEPŁA**

Opracowany został wariant formułowania matematycznego oraz numeryczno-analitycznej metody rozwiązywania zagadnienia optymalizacji względem stanu naprężeń przebiegów nagrzewania technologicznego szklanej kawałkami jednorodnej powłoki cylindrycznej, sprężonej ze sferyczną, przy obecności źródeł ciepła oraz warunków wymiany ciepła przez konwekcję ze środowiskiem wewnętrznym. Przy wyznaczaniu optymalnego przebiegu nagrzewania skonkretyzowana jest tylko metodyka rozwiązywania odpowiedniego zagadnienia prostego w znanym w literaturze takim algorytmie.

W praktyce inżynierskiej często wytwarzane są źródła ciepła, które w kawałkami jednorodnych powłokach nieistotnie zależą od współrzędnych, a również stosowane jest konwekcyjne nagrzewanie przy pomocy zewnętrznego jednorodnego środowiska. Dla takich przypadków zmiana temperatury w rozważanych składowych powłokach wzdłuż południkowej współrzędnej S jest nieistotna i nią można pominąć. W tym można przyjąć, że temperatura w każdej składowej części powłoki jest funkcją grubościowej współrzędnej γ i czasu τ , a przemieszczenia – funkcjami czasu oraz współrzędnych γ , S . Przy tym układ wyjściowych równań będzie układem zwyczajnych równań różniczkowych, pierwszego rzędu o stałych współczynnikach, rozwiązanie których może być efektywnie otrzymano metodą najmniejszych kwadratów przy końcowo-elementowej aproksymacji funkcji sterowania. To prowadzi również do istotnego uproszczenia procedury numerycznego wyznaczania parametrów stanu termosprężystego kawałkami jednorodnej powłoki (rozwiązywania zagadnienia prostego), z której korzystają w zaproponowanym algorytmie optymalizacji.

Dodatkowe towarzyszące podgrzewanie źródłami ciepła w badanych przypadkach pozwala na skrócenie trwałości nagrzewania (w porównaniu z przebiegiem w którym stosowane jest tylko konwekcyjne nagrzewanie) przy tej maksymalnej temperaturze nagrzewania powierzchni oraz tych maksymalnych wartości naprężeń dopuszczalnych.

M. GAJEK¹, M. HACHKEVYCH², O. HACHKEVYCH^{1,2},
R. KUSZNIR², A. RAWSKA-SKOTNICZNY³

¹ Opole University of Technology (Poland)

² Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics
NASU (Ukraine)

³ University of Bielsko-Biala (Poland)

OPTYMALNE WZGLĘDEM STANU NAPRĘŻEŃ PRZEBIEGI NAGRZEWANIA TECHNOLOGICZNEGO SZKLANEJ KAWALKAMI JEDNORODNEJ POWŁOKI SPRĘŻONEJ ZE STOŻKOWĄ PRZY OBECNOŚCI ŹRÓDEŁ CIEPŁA

Sformułowano zagadnienie optymalizacji względem stanu naprężeń przebiegów nagrzewania technologicznego dla innego od rozważanego wcześniej typu szklanych kawałkami jednorodnych powłok-walcowych sprzężonych ze stożkowymi przy obecności towarzyszącego podgrzewania oraz izolacji cieplnej powierzchni wewnętrznych, które szeroko stosowane są w praktyce produkcji termopróżniowej. Opracowano numeryczno-analityczną metodykę jego rozwiązywania, opartą na metodzie lokalnych wariacji oraz najmniejszych kwadratów przy aproksymacji funkcji sterowania (temperatury środowiska zewnętrznego) skończonymi elementami. Jako warunek optymalności przyjęto warunek minimum maksymalnych wartości naprężeń normalnych.

Obecność źródeł ciepła uwzględniona jest w zagadnieniu prostym (równaniu przewodności cieplnej). Przy tym korzysta się z prawa rozkładu temperatury względem grubościowej współrzędnej, określonego przez wielomian trzeciego stopnia, współczynniki którego wyrażone są przez uśrednione (całkowe) charakterystyki temperatury. Takie charakterystyki opisane są przez odpowiednie równania, w których uwzględnione są istniejące źródła ciepła. Rozwiązanie rozważanych równań otrzymane jest przy pomocy metody różnic skończonych lub metody najmniejszych kwadratów. Jako teorię termomechaniczną, opisującą mechaniczne zachowanie szklanych kawałkami jednorodnych powłok wybrano teorię termosprężystości cienkich powłok przy uwzględnieniu termoczułości współczynników rozszerzalności cieplnej.

Wyznaczone i przeanalizowane są optymalne przebiegi nagrzewania konkretnej rozpatrywanej powłoki przy obecności źródeł ciepła oraz nieobecności obciążenia siłowego. Dodatkowe towarzyszące nagrzewanie przez źródła ciepła umożliwia skrócenie trwałości nagrzewania (w porównaniu z przebiegiem, w którym stosowane jest tylko nagrzewanie konwekcyjne) przy tej że maksymalnej temperaturze nagrzewania powierzchni oraz tych że maksymalnych wartościach naprężeń dopuszczalnych.

B. BOZHENKO^{1,2}, S. BUDZ¹, L. GAJEVSKA¹,
O. HACHKEVYCH^{1,2}, M. HACHKEVYCH¹

¹ Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics
NASU (Ukraine)

² Opole University of Technology (Poland)

OPTYMALNE WZGLĘDEM STANU NAPRĘŻEŃ PRZEBIEGI NAGRZEWANIA TECHNOLOGICZNEGO SZKLANEJ KAWAŁKAMI JEDNORODNEJ POWŁOKI PRZY OBECNOŚCI OBCIĄŻENIA SIŁOWEGO

We wielu procesach technologicznych produkcji i obróbki metalowych jak i niemetalowych elementów przyrządów oraz maszyn szeroko stosowane jest technologiczne nagrzewanie przy pomocy konwekcyjnej wymiany ciepła ze grzejącym środowiskiem zewnętrznym. Jednocześnie elementy te mogą być poddane zadanemu obciążeniu siłowemu.

Znane są również sposoby пониżenia poziomu stanu sprężysto-odkształcalnego jednorodnych powłokowych elementów konstrukcji przy pomocy dodatkowego obciążenia siłowego w obszarach o maksymalnych naprężeniach.

W pracy z wykorzystaniem znanej metodyki optymalizacji opracowany został wariant sformułowania oraz numeryczno-analitycznej metody rozwiązywania zagadnienia optymalizacji względem poziomu naprężeń przebiegów technologicznego nagrzewania sposobem konwekcji szklanej kawałkami jednorodnej powłoki cylindrycznej przy obecności obcego obciążenia siłowego.

Uogólnienie rozwinięcia metodyki optymalizacji sprowadza się do konkretyzacji zagadnienia prostego drogą uwzględnienia obciążenia siłowego w równaniach równowagi oraz następnie w odpowiednich kluczowych równaniach termomechaniki.

Wyznaczone i przeanalizowane optymalne przebiegi nagrzewania kawałkami jednorodnej powłoki walcowej składającej się z dwóch części.

Przy pomocy zaproponowanej metody mogą być uwzględnione i przeanalizowane parametry określające dodatkowe siłowe obciążenie i ich wpływ na optymalne przebiegi, w szczególności, wpływ rozkładu i zmiany względem czasu obciążenia siłowego na charakterystyki przebiegu, w tym jego trwanie.

Metoda może być również rozwinięta drogą uwzględnienia innych celów nagrzewania, w szczególności zapewnienia zadanej różnicy temperatury względem grubości.

B. BOZHENKO^{1,2}, O. HACHKEVYCH^{1,2}, M. HACHKEVYCH¹,
D. TARŁAKOVSKI³, J. SZYMCZAK²

¹ Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics
NASU (Ukraine)

² Opole University of Technology (Poland)

³ Moscow Aviation Institute (State University of Aerospace Technologies),
Institute of Mechanics Lomonosov Moscow State University (Russia)

OPTYMALNE WZGLĘDEM STANU NAPRĘŻEŃ PRZEBIEGI NAGRZEWANIA TECHNOLOGICZNEGO KAWAŁKAMI JEDNORODNYCH POWŁOK PRZY TERMOCZUŁOŚCI NAPRĘŻEŃ DOPUSZCZALNYCH

Wiadomo, że wartości naprężeń dopuszczalnych w ciałach szklanych określa temperatura nagrzewania. Dla tego jest aktualnym rozwinięcie znanej metody optymalizacji względem stanu naprężeń przebiegów nagrzewania cienkich kawałkami jednorodnych szklanych powłok na przypadek uwzględnienia termoczulości dopuszczalnych naprężeń.

W niniejszej pracy zaproponowany został wariant takiej numeryczno-analitycznej metody przy zadanych obszarach dopuszczalnej zmiany temperatury oraz składowych tensora naprężeń. Przy tym za wyjściowe przyjęte pozostały znane eksperymentalne zależności wartości naprężeń dopuszczalnych od temperatury dla konkretnych typów szkieł.

Obecna zależność dopuszczalnych naprężeń od temperatury zaproksymowana pozostała przy pomocy interpolacyjnego wielomianu Lagrange'a.

Uogólniono algorytm iteracyjnego procesu obliczenia wartości funkcji sterowania w dyskretne chwile czasu z przedziału trwania nagrzewania-chłodzenia z uwzględnieniem wartości naprężeń dopuszczalnych przy obecnej temperaturze.

Wykonane są z wykorzystaniem zaproponowanej metody badania przebiegów nagrzewania (temperatury zewnętrznej powierzchni) kawałkami jednorodnej powłoki cylindrycznej (która złożona z trzech części) przy izolacji cieplnej po powierzchni wewnętrznej.

Otrzymano, że przy uwzględnieniu obecnej zależności naprężeń dopuszczalnych od temperatury w rozważanym przypadku trwałość przebiegu skrócą się o 20 min. w porównaniu z przebiegiem przy stałej wartości (równej początkowej) naprężeń dopuszczalnych przy tej że temperaturze termooobrobki.