

STRESZCZENIA

Sergei ALEXANDROV¹Elena LYAMINA²Nguyen Minh TUAN³**AN UPPER BOUND SOLUTION FOR COMPRESSION OF VISCOUS MATERIAL BETWEEN ROTATING PLATES**

An upper bound solution for compression of viscous material between rotating plates is proposed. For many conventional constitutive equations its form has been given by Hill. In the case of viscous materials the main difficulty with the application of the upper bound theorem is that conventional friction laws are not compatible with the conditions used to prove it. A reduced version of the upper bound theorem that accounts for specific viscous constitutive equations and boundary conditions is adopted. In such a form, in contrast to the general case, the theorem determines an upper bound on the load required to deform the material. The dependence of the upper bound force based on a simple kinematically admissible velocity field on material and process parameters is illustrated. The solution is reduced to numerical integration and minimization of a function of one variable.

Keywords: upper bound, friction, metal forming, viscoplasticity.

METODA GÓRNEJ OCENY W ZASTOSOWANIU DO ŚCISKANIA LEPKIEGO MATERIAŁU POMIĘDZY OBRACAJĄCYMI SIĘ PŁYTAMI**Streszczenie**

W artykule zaproponowano wykorzystanie metody górnej oceny do opisu ściskania lepkiego materiału pomiędzy obracającymi się płytami. Dla wielu konwencjonalnych równań konstytutywnych ich postać została przedstawiona przez Hill'a. W przypadku materiałów lepkich głównym problemem przy wykorzystaniu twierdzenia górnej granicy jest to, że klasyczne prawa tarcia nie są kompatybilne z warunkami stosowanymi do jego udowodnienia. Zastosowano uproszczoną wersję twierdzenia górnej granicy, uwzględniającą specyficzne równania konstytutywne materiałów lepkich oraz warunki brzegowe. W takiej postaci, w przeciwieństwie do przypadku ogólnego, twierdzenie określa górną granicę obciążenia wymaganą do odkształcenia materiału. Przedstawiono wpływ siły określonej za pomocą twierdzenia górnej granicy na podstawie kinematycznie dopuszczalnego pola prędkości na materiał i parametry procesu. Rozwiązanie zredukowano do całkowania numerycznego i minimalizacji funkcji jednej zmiennej.

Słowa kluczowe: górna granica, tarcie, obróbka plastyczna, wiskoplastyczność

DOI: 10.7862/rm.2014.1

Otrzymano/received: 15.01.2014

Zaakceptowano/accepted: 22.03.2014

¹ Autor do korespondencji/corresponding author: Sergei ALEXANDROV, Ishlinskii Institute for Problems in Mechanics, Russian Academy of Sciences, 101-1 Prospect Vernadskogo, 119526 Moscow, Russia; e-mail: sergei_alexandrov@spartak.ru

² Elena LYAMINA, Russian Academy of Sciences, 101-1 Prospect Vernadskogo, 119526 Moscow, Russia

³ Nguyen Minh TUAN, Vietnam Academy of Sciences and Technology, 264 Doi Can, Ba Dinh, Ha Noi, Vietnam

PROJEKTOWANIE PRAW STEROWANIA LOTEM GRUPOWYM BEZZAŁOGOWYCH APARATÓW LATAJĄCYCH

Bezzałogowe aparaty latające (BAL) są obecnie wykorzystywane przez człowieka do różnorodnych zadań militarnych i cywilnych. Możemy tutaj wymienić m. in. zadania takie jak zwiad i rozpoznanie nad terytorium wroga, ocena szkód po działaniach wojennych, kontrolowanie ruchu ulicznego, patrolowanie granic państwa, monitorowanie upraw rolniczych, zliczanie dzikiej zwierzyny na dużych obszarach leśnych oraz wiele innych. Wszystkie te zadania mogą zostać wykonane szybciej i efektywniej przez grupę BAL połączonych wspólnym prawem sterowania. Implementacja praw sterowania lotem grupowym powinna być poprzedzona wnikliwą analizą tworzonego algorytmu sterowania oraz jego licznymi badaniami symulacyjnymi pozwalającymi na weryfikację proponowanego podejścia. W artykule przedstawiono problem sterowania lotem grupowy BAL. Zaprezentowano opracowaną metodę sterowania lotem grupowym BAL opartą o układ Leader/Follower. W oparciu o założony model dynamiki pojedynczego obiektu (mikro-samolotu) zbudowano model symulacyjny w środowisku Matlab/Simulink z użyciem przyborników Control, Flight Dynamics and Control oraz Aerospace. Pokazane zostały matematyczne podstawy tej metody oraz zaprezentowano proces projektowania praw sterowania grupą BAL. Następnie dokonano weryfikacji zaprojektowanych praw sterowania. Przeprowadzono szereg badań symulacyjnych a ich wyniki zaprezentowano w formie wykresów przedstawiających przebiegi czasowe parametrów nawigacyjnych Leader'a oraz Follower'a (prędkość, kierunek, wysokość, tor lotu, profil lotu). Uzyskane wyniki pozwalają ocenić słuszność przyjętego procesu projektowania praw sterowania oraz ich efektywność a także możliwość implementacji na komputerze pokładowym mikro-samolotu.

Słowa kluczowe: bezzałogowe aparaty latające, sterowanie lotem, parametry nawigacyjne

FORMATION FLIGHT CONTROL LAWS DEVELOPMENT FOR UNMANNED AERIAL VEHICLES

Summary

Unmanned flying machines (UFM) are currently used by people for a variety of military and civilian tasks. For example, here can be mentioned such tasks as reconnaissance and exploration of the territory of the enemy, damage assessment after the hostilities, traffic control, patrolling the country borders, monitoring of agricultural crops, counting wild animals over large areas of forest and many others. All these tasks can be performed faster and more efficiently by a UFM formation together with a common control law. Implementation of control laws of formation flight should be preceded by a thorough analysis of the created control algorithm, and simulation study that allows to verify the proposed approach. The article presents the problem of flight control of UFM formation. The developed method of the flight control of UFM formation flight based on the Leader / Follower configuration is presented. Based on the established model of the dynamics of a single object (micro-aircraft) the simulation model was built in Matlab / Simulink environment using Control, Flight Dynamics and Control, and Aerospace toolboxes. The mathematical basis of this method and the designing process of UFM formation control laws have been presented. Then, a verification of designed control laws has been done. A series of simulation tests and their results are presented in the form of charts showing waveforms of both Leader's and Follower's navigational parameters (speed, direction, altitude, flight path, flight profile). The obtained results allow to evaluate correctly the accepted design process of control laws and its effectiveness and the ability to implement on the on-board computer of the micro-plane.

Key words: unmanned aerial vehicles, flight control, navigable parameters

DOI: 10.7862/rm.2014.2

Otrzymano/received: 15.05.2013

Zaakceptowano/accepted: 7.01.2014

⁴ Autor do korespondencji/corresponding author: Leszek Ambroziak, Politechnika Białostocka, Wydział Mechaniczny, ul. Wiejska 45C, 15-351 Białystok, e-mail: l.ambroziak@pb.edu.pl

⁵ Zdzisław Gosiewski, Politechnika Białostocka, Wydział Mechaniczny, ul. Wiejska 45C, 15-351 Białystok, e-mail: z.gosiewski@pb.edu.pl

BADANIA W LOCIE BEZZAŁOGOWEGO STATKU POWIETRZNEGO TWISTER

W artykule przedstawiono wyniki prób w locie bezzałogowego aparatu latającego opartego o model samolotu Twister. Zostało przedstawione i opisane wyposażenie pokładowe mikro-samolotu użyte w badaniach. Opisano proces integracji autopilota oraz całego wyposażenia awionicznego z samolotem Twister. Pokazany został proces doboru podstawowych parametrów układu automatycznego sterowania lotem z wykorzystaniem techniki Pilot In The Loop. W trakcie badań w locie były rejestrowane wszystkie parametry lotu mikro-samolotu takie jak np. prędkość powietrzna i prędkość podróżna, wysokość lotu, trasa lotu, kąty przechylenia, pochylenia, odchylenia, prędkości przechylenia, pochylania, odchylania itd.). W trakcie badań sprawdzone zostało zachowanie się mikro-samolotu w różnych fazach lotu takich jak autonomiczny start, lądowanie, lot programowy po określonych punktach drogi. Ponadto określono działanie funkcji zabezpieczających mikro-samolot (ang. Fail Safe) działających w razie awarii (np. w przypadku niskiego napięcia na pakiecie zasilającym, utraty sygnału GPS, utraty połączenia ze stacją naziemną itp.). Wyniki przeprowadzonych badań zostały pokazane na przebiegach czasowych niektórych parametrów lotu oraz na wykresach tras wykonanych lotów oraz profili lotów w trakcie lotów programowych. Wykonane i opisane badania pozwalają na weryfikację przeprowadzonego procesu integracji mikro-samolotu z pokładowymi systemami zadaniowymi oraz pozwalają na ocenę jego cech użytkowych w dalszych badaniach takich jak loty grupowe, omijanie przeszkód.

Słowa kluczowe: aparaty latające, wyposażenie awioniczne, parametry nawigacyjne

IN-FLIGHT TESTS OF TWISTER UNMANNED AERIAL VEHICLE

Summary

The article presents the results of flight tests of an unmanned flying device based on a model of the Twister airplane made at the Technical University of Białystok. The airplane was used during experimental studies. In the article on-board equipment of micro-plane used in the study has been shown. Furthermore, the process of integrating the autopilot and all of the avionics equipment with Twister airplane has been described. The process of selection of the basic parameters of the automatic flight control using Pilot In The Loop technique is presented. During the flight test, all parameters of micro-aircraft flight such as air and cruising speeds, altitude, air route, angles of tilt, slope angle, deviation angle, tilting speed, slope speed, deviation speed, etc. were recorded. During the study, the behaviour of micro-aircraft in various phases of flight such as autonomous take off, landing, programmable flight to the specific points of the air route was checked. In addition, the action of specified fail safe features of micro airplane operating in the case of a failure (e.g. in the case of low voltage of power package, loss of GPS signal, loss of communication with the ground station, etc.) is determined. The graphs of some flight parameters and figures of flight routes as well as flight profiles during the programmable flight have been presented. The researches allow for the verification of the integration process of micro-aircraft with on-board systems and they also allow for evaluation of its functional characteristics in further studies such as formation flights and bypassing the obstacles.

Key words: unmanned aerial vehicles, avionics equipment, navigable parameters

⁶ Autor do korespondencji/corresponding author: Leszek Ambroziak, Politechnika Białostocka, ul. Wiejska 45C, 15-351 Białystok, e-mail: l.ambroziak@pb.edu.pl

⁷ Zdzisław Gosiewski, e-mail: z.gosiewski@pb.edu.pl

⁸ Daniel Ołdziej, e-mail: d.oldziej@pb.edu.pl

Tomasz KOWALCZYK⁹
Jerzy GŁUCH¹⁰
Janusz BADUR¹¹
Paweł ZIÓLKOWSKI¹²

ANALIZA TECHNICZNO-ENERGETYCZNA PREFEROWANYCH OBIEGÓW TERMODYNAMICZNYCH MOBILNYCH WYSOKOTEMPERATUROWYCH SIŁOWNI JĄDROWYCH

Artykuł przedstawia analizę techniczno-energetyczną możliwości współpracy preferowanych obiegów turbin ciepłych dużych mocy z wysokotemperaturowym reaktorem jądrowym chłodzonym helem w zastosowaniach mobilnych. Reaktory jądrowe wysokotemperaturowe (HTR) stwarzają możliwość podnoszenia parametrów obiegów parowych do poziomu bloków nadkrytycznych, jak również zastosowania obiegu Joule'a-Braytona w energetyce jądrowej. W miarę zaostrzania norm emisji energetyka jądrowa w tym ujęciu może stanowić realną alternatywę ekonomiczną dla silników ciepłych zasilanych paliwami kopalnymi. Z punktu widzenia termodynamicznego, ekonomicznego i ekologicznego stosowanie obiegów ciepłych opartych o reaktory HTR jest zabiegiem korzystnym.

Słowa kluczowe: siłownie okrętowe, obiegi parowe, obiegi gazowe, reaktory jądrowe

TECHNICAL ANALYSIS OF THE PREFERRED THERMODYNAMIC CYCLES OF MOBILE HIGH TEMPERATURE NUCLEAR POWER PLANTS

S u m m a r y

The paper presents technical analysis of the possibility of cooperation of preferred thermodynamic cycles of large turbines with high temperature helium cooled nuclear reactors (HTR) in mobile applications. HTR reactors bring the possibility of the increase of live steam parameters in steam turbine cycle up to the supercritical point and also use Jule-Brayton thermodynamic cycle in the nuclear power engineering. Due to increasing environmental protection regulations the nuclear power engineering can become real alternative for engines powered by fossil fuels. From the thermodynamic, economic and ecological point of view the energy application of heat cycles based on HTR reactors is profitable.

Key words: marine power plants, steam cycles, gas cycles, nuclear reactor

⁹ Autor do korespondencji: Tomasz Kowalczyk, Instytut Maszyn Przepływowych PAN, ul. Fiszerza 14 80-231 Gdańsk, tel. 58 6995 225, e-mail: tomasz.kowalczyk@imp.gda.pl

¹⁰ Jerzy Głuch, Politechnika Gdańska, ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk, e-mail: jgluch@pg.gda.pl

¹¹ Janusz Badur, Instytut Maszyn Przepływowych PAN, ul. Fiszerza 14 80-231 Gdańsk, e-mail: janusz.badur@imp.gda.pl

¹² Paweł Ziółkowski, Instytut Maszyn Przepływowych PAN, ul. Fiszerza 14 80-231 Gdańsk, e-mail: pawel.ziolkowski@imp.gda.pl

Marcin MOŹDZIERZ¹
Grzegorz BRUS²
Anna ŚCIAŹKO^{2,3}
Yosuke KOMATSU³
Shinji KIMIJIMA⁴
Janusz S. SZMYD²

WPLYW WARUNKÓW BRZEGOWYCH NA ROZKŁAD POŁA TEMPERATURY W PRZEPLYWOWYM REAKTORZE DO PAROWEGO REFORMINGU METANU

Jedną z zalet wysokotemperaturowych ogniw paliwowych ze stałym elektrolitem tlenkowym SOFC jest elastyczność w doborze paliw, w szczególności możliwość wykorzystania węglowodorów. Dla ogniw paliwowych zasilanych węglowodorami możliwa jest konwersja paliwa na drodze reformingu zewnętrznego bądź wewnętrznego. W przypadku systemu z połączeniem wewnętrznym ciepło pochodzące z pracującego stosu ogniw paliwowych może zostać efektywnie wykorzystane w endotermicznej reakcji reformingu. Opracowanie tegoż systemu zależy od rozmieszczenia elementów pod kątem optymalizacji transportu ciepła w układzie, stresu termicznego wywieranego na poszczególne elementy, osadzania węgla, stopnia polaryzacji elektrod, kosztów oraz efektywności systemu. W pracy przedstawiono badania eksperymentalne na podstawie których zbudowano matematyczny model procesu reformingu, a także przeprowadzono analizę numeryczną wpływu warunków brzegowych oraz parametrów procesu na rozkład pola temperatury w reaktorze podczas reakcji parowego reformingu metanu.

Słowa kluczowe: reforming parowy metanu, kinetyka reakcji chemicznych, materiały porowate, symulacje numeryczne

AN INFLUENCE OF THE BOUNDARY CONDITIONS ON THE TEMPERATURE DISTRIBUTION IN THE FLOW REACTOR FOR METHANE/STEAM REFORMING

Summary

One of the advantages of high-temperature fuel cells with a solid oxide electrolyte SOFC is flexibility in the selection of fuels and in particular the use of hydrocarbons. For fuel cell powered by hydrocarbons it is possible to convert the fuel using external or internal reforming. For a internal system heat from the fuel cells stack can be effectively used in the endothermic reforming reaction. The development of that system depends on the arrangement of elements to optimize heat transfer in the system, thermal stress exerted on the individual elements, the carbon deposition, the degree of electrodes polarization, the cost and effectiveness of the system. The paper presents experimental studies on the basis of which a mathematical model of the reforming process was built. Furthermore, a numerical analysis of the influence of the boundary conditions and process parameters on the distribution of temperature field in the reactor during the steam reforming reaction of methane has been carried out.

Keywords: methane/steam reforming, kinetics of chemical reactions, porous material, numerical simulations

DOI: 10.7862/rm.2014.5

Otrzymano/received: 15.05.2014

Zaakceptowano/accepted: 7.06.2014

¹ Autor do korespondencji: Marcin Moździerz, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, tel.: 12 617 25 90, e-mail: mozdzierzm@gmail.com.

² Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

³ Shibaura Institute of Technology, Graduate School of Engineering and Science, 307 Fukasaku, Minuma-ku, Saitama-shi, 337-8570 Saitama, Japan

⁴ Shibaura Institute of Technology, College of Systems Engineering and Science, 307 Fukasaku, Minuma-ku, Saitama-shi, 337-8570 Saitama, Japan

Marzena NOWAK¹³
Karol MAJEWSKI¹⁴
Piotr CISEK¹⁵

PROJEKT STANOWISKA LABORATORYJNEGO DO WERYFIKACJI METODY WYZNACZENIA TRÓJWYMIAROWEGO NIEUSTALONEGO POLA TEMPERATUR W ELEMENTACH GRUBOŚCIENNYCH

W artykule przedstawiono projekt stanowiska badawczego, służącego do weryfikacji metody wyznaczania trójwymiarowego nieustalonego pola temperatur w elementach grubościennych. Głównym elementem opisywanego układu jest płyta wykonana ze stali P235GH o wymiarach 800 x 800 mm i grubości 85 mm. Nierównomierny rozkład temperatury po grubości badanego elementu zostanie osiągnięty poprzez proces ogrzewania i chłodzenia jego przeciwległych powierzchni. W ramach artykułu zaprezentowano projekt stanowiska badawczego wraz z jego wizualizacją 3D. Szczegółowo opisano projekt płyty wraz z rozmieszczeniem i poprowadzeniem termoelektrycznych mierników temperatury oraz budowę układu ogrzewania i chłodzenia.

Słowa kluczowe: metoda odwrotna krocząca, nieustalone pole temperatury, stanowisko badawcze, elementy grubościenne, przewodzenie ciepła

THE LABORATORY STAND PROJECT FOR THE EXPERIMENTAL VERIFICATION OF DETERMINING METHOD OF THE TRANSIENT TEMPERATURE FIELD DISTRIBUTION IN THICK-WALLED COMPONENTS

Summary

The paper presents the design of laboratory stand to verify the method of determining three-dimensional transient temperature field in thick-walled components. The key element of the laboratory stand is a plate made of P235GH steel with the dimensions of: 800 x 800 mm and thickness of 85 mm. Non-uniform temperature distribution in the tested element will be achieved by heating and cooling of opposite plate surfaces. As a part of the article the test stand design and its 3D visualisation have been presented. The design of the plate with the location of thermoelectric temperature measuring instrument and building the heating and cooling system has been described in detail.

Keywords: step inverse method, transient temperature field, laboratory stand, thick-walled elements, heat conduction

DOI: 10.7862/rm.2014.6

Otrzymano/received: 15.05.2014

Zaakceptowano/accepted: 7.06.2014

¹³ Marzena Nowak, Politechnika Krakowska im. T. Kościuszki, nowak@mech.pk.edu.pl

¹⁴ Karol Majewski, Politechnika Krakowska im. T. Kościuszki, kmajewski@mech.pk.edu.pl

¹⁵ Piotr Cisek, Politechnika Krakowska im. T. Kościuszki, cisekpiotr@mech.pk.edu.pl

Tadeusz ORZECZOWSKI¹⁶
Sylwia WCIŚLIK²

STUDIUM KSZTAŁTU KROPLI WODY W WARUNKACH LEIDENFROSTA

Praca dotyczy odparowania dużych kropli cieczy o masie ~1g w warunkach stabilnego wrzenia błonowego pod ciśnieniem atmosferycznym. Odparowanie kropli cieczy unoszącej się nad gorącą powierzchnią o temperaturze powyżej punktu Leidenfrosta jest zjawiskiem bardzo trudnym do dokładnego opisu teoretycznego. Przeprowadzone badania wskazują na złożony charakter wzajemnie powiązanych procesów wymiany ciepła i masy, które prowadzą do intensywnych przypowierzchniowych ruchów konwekcyjnych wewnątrz kropli. Obrazem tego jest silne zróżnicowanie pola termalnego górnej powierzchni kropli. Można tam zauważyć, że przy średniej temperaturze kropli ~91°C różnica pomiędzy skrajnymi temperaturami może dochodzić nawet do ~8 K.

Słowa kluczowe: wrzenie błonowe, kropla Leidenfrosta, kamera termowizyjna, niestabilność kształtu, ruchy konwekcyjne

MAPPING OF WATER DROPS EVAPORATION UNDER LEIDENFROST CONDITIONS

Summary

The evaporation of large liquid droplets of a mass of ~ 1g in the stable boiling conditions at atmospheric pressure is discussed. Evaporation of a drop of liquid floating over the hot surface with a temperature above the Leidenfrost point is very difficult phenomenon to describe theoretically in detail. The study indicates the complexity of the interrelated processes of heat and mass transfer, which leads to intense convective subsurface movements inside the drop. A strong variation of a thermal field of the upper surface of the drop has been seen. There can be noted that at the average drop temperature of ~91°C the difference between extreme temperatures can reach ~8K.

Keywords: film boiling, Leidenfrost drop, thermovision camera, shape instability, convection movements

¹ Autor do korespondencji/corresponding author: Tadeusz Orzechowski, Politechnika Świętokrzyska, al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce, tel. 41 34 24 854, e-mail: todek@tu.kielce.pl

² Sylwia Wciślik, e-mail: sylwiazw@tu.kielce.pl

ANALIZA CIEPLNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWA ROZRUCHU KOTŁA PAROWEGO NA PRZYKŁADZIE KOTŁA OP-650

W artykule przedstawiono analizę typowego rozruchu kotła parowego OP-650. Omówiono zmiany w czasie ciśnienia oraz temperatur na zewnętrznej powierzchni walczaka i komory wylotowej pary świeżej. Wymienione parametry mierzono za pomocą systemu monitorującego SCADA. Na podstawie analizy odwrotnej przewodzenia ciepła określono temperaturę wewnętrznej powierzchni ścianek kotła. Dla otrzymanych zmian temperatury oraz ciśnienia możliwe było obliczenia obwodowych i zredukowanych naprężeń, które porównano z normami dotyczącymi projektowania grubościennych elementów ciśnieniowych. Określone wartości naprężeń obwodowych i zredukowanych były 2-5 razy niższe od wartości naprężeń dopuszczalnych. Na tej podstawie stwierdzono, że możliwe jest przyspieszenie rozruchu kotła OP-650.

Słowa kluczowe: kocioł energetyczny, naprężenia cieplne, szybkość nagrzewania, elementy kryterialne, rozruch

The thermal and structural analysis of steam boiler start-up on the example of OP-650 power unit

Summary

The paper presents the analysis of a typical start-up of power boiler OP-650. The time variations of pressure and wall temperatures measured on the outer surface of pressure elements (boiler drum, live steam outlet header) were discussed. These process parameters were obtained using SCADA monitoring system. Based on the solution of the inverse heat conduction problem the temperatures of the inner wall surface were determined. For the obtained temperature and pressure variations it was possible to calculate the circumferential and equivalent stresses that were compared with the design standards for the thick-walled pressure components. The determined circumferential and equivalent stresses values were 2 to 5 times lower than the allowable stresses. Based on the comparison it was concluded that there is the possibility of accelerated start-up procedure for boiler OP-650.

Keywords: steam boilers, thermal stresses, heating rate, criterial elements, boiler start-up

¹⁷ Autor do korespondencji: Marcin Pilarczyk, Politechnika Krakowska, Al. J. Pawła II 37, 31-864 Kraków, tel. 12 628 35 59, e-mail: marcin.pilarczyk@mech.pk.edu.pl

¹⁸ Bohdan Węglowski, Politechnika Krakowska, Al. J. Pawła II 37, 31-864 Kraków, 12 628 35 56, e-mail: wegłowski@mech.pk.edu.pl

ANALIZA TERMODYNAMICZNA ULTRA-NADKRYTYCZNEGO BLOKU WĘGLOWEGO Z TURBINĄ POMOCNICZĄ

Konieczność zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych oraz poprawy ekonomiki wytwarzania energii elektrycznej spowodowały znaczny postęp w dziedzinie bloków węglowych. Nowe perspektywy otwiera generacja bloków na zaawansowane parametry ultra-nadkrytyczne pary o temperaturze 700°C/720°C. Znaczne zwiększenie temperatury pary, zwłaszcza wtórnie przegranej, pogłębia problem różnicy temperatur w podgrzewaczach regeneracyjnych zarówno wysoko jak i niskoprężnych, co skutkuje wzrostem strumieni generowanej entropii oraz problemami materiałowymi. Rozwiązaniem może być wprowadzenie do obiegu dodatkowej upustowo-przeciwprężnej turbiny pomocniczej. Obieg turbiny pomocniczej jest prostym obiegiem bez przegrzewu wtórnego. Skutkuje to tym, że ma on niższą sprawność w porównaniu do obiegu głównego. Zmniejsza się zysk z zastosowania przegrzewu międzystopniowego, gdyż znaczny strumień pary, który jest kierowany do turbiny pomocniczej nie zostaje przegrzany ponownie. Zysk wynikający z minimalizacji generacji entropii w podgrzewaczach regeneracyjnych powinien zatem zrekompensować straty wynikające ze znacznego zmniejszenia strumienia przegrzewanej pary. W artykule przedstawiono analizę termodynamiczną obiegu prostego oraz koncepcyjnego bloku węglowego na zaawansowane ultra-nadkrytyczne parametry pary o mocy 900 MW z upustowo-przeciwprężną turbiną pomocniczą.

Słowa kluczowe: obieg parowy, turbina pomocnicza, regeneracyjne podgrzewacze wody, analiza entropowa

TERMODYNAMIC ANALYSIS OF COAL-FIRED ULTRA-SUPERCritical POWER PLANT WITH AUXILIARY TURBINE

Summary

The necessity of the reduction of greenhouse gases emissions and improving the economics of electricity generation resulted in significant progress in the development of the coal-fired power plants. New perspectives gives the generation of power plants for advanced ultra-supercritical (A-USC) steam parameters of temperature of 700°C/720°C. A significant increase of the steam temperature, especially reheated, increases the problem of the temperature differences in the high and low-pressure feed water heaters. This results in the increase of generated entropy and material problems. The solution can be introducing into the steam cycle an auxiliary extraction-backpressure turbine (AT). The AT cycle is a simple cycle without steam reheating. As the result it has lower efficiency in comparison with the main cycle. The use of the AT leads to the reduction of profit resulting from the reheating of steam, because the mass flow of steam transmitted to the boiler reheater is reduced. The benefit resulting from the decrease of the entropy generation in the feed water heaters should then exceed the loss related with the reduction of the steam mass flow, which is reheated in the boiler. In the paper the thermodynamic analysis of the simple cycle and the conceptual 900 MW power plant with the auxiliary extraction-backpressure turbine is presented.

Keywords: steam cycle, auxiliary turbine, feed water heaters, entropy analysis

¹⁹ Autor do korespondencji: Katarzyna Stępczyńska-Drygas, Politechnika Śląska w Gliwicach, 44-100 Gliwice, ul. Konarskiego 18, tel. 32 237 22 27, katarzyna.stepczynska@polsl.pl.

²⁰ Sławomir Dykas, Politechnika Śląska w Gliwicach, 44-100 Gliwice, ul. Konarskiego 18, slawomir.dykas@polsl.pl.

Andrzej SZŁĘK²¹
Michał CHABIŃSKI²²

WPŁYW WILGOTNOŚCI BIOMASY NA SPRAWNOŚĆ UKŁADU KOTŁA TERMALNEGO WSPÓŁPRACUJĄCEGO Z MODUŁEM ORC

Kotły opalane biomasą współpracujące z modułami ORC stanowią technologię często wykorzystywaną do generacji energii elektrycznej w małej skali. Układy takie zasilane są przy tym biomasą pochodzenia lokalnego, co najczęściej wiąże się ze zmienną jakością biomasy, w tym przede wszystkim ze zmienną wilgotnością. Jednocześnie spaliny za wymiennikiem ciepła służącym podgrzaniu oleju termalnego mają temperaturę pozwalającą na ich wykorzystanie do podgrzania powietrza do spalania lub do podgrzania powietrza suszarniczego. W niniejszej pracy przeanalizowano skutki energetyczne jakie wiążą się z wykorzystaniem energii spalin do podgrzania powietrza służącego wstępnemu suszeniu biomasy.

Słowa kluczowe: technologia ORC, spalanie biomasy

INFLUENCE OF BIOMASS MOISTURE CONTENT ON EFFICIENCY OF THERMAL BOILER COMBINED WITH ORC UNIT SYSTEM

Summary

Biomass fired thermal oil boilers combined with ORC units are the technology often used for small-scale electricity generators. Such systems use the local biomass, which is usually associated with the variable quality of the biomass, including in particular variable humidity. Simultaneously, the exhaust gas from heat exchanger used for heating the thermal oil has a temperature allowing its using for preheating the combustion air or to preheating the drying air. In the paper energetic effects connected with using flue gas energy for initial preheating of the air used for initial drying of biomass are analysed.

Keywords: ORC technology, biomass combustion

²¹ Autor do korespondencji: Andrzej Szłek, Politechnika Śląska, ul. Konarskiego 22, 44-100 Gliwice, tel. 32 237 10 41, andrzej.szlek@polsl.pl

²² Michał Chabiński, Politechnika Śląska, ul. Konarskiego 22, 44-100 Gliwice, michal.chabinski@polsl.pl

Anna ŚCIAŻKO^{1,3}
Yosuke KOMATSU³
Grzegorz BRUS²
Shinji KIMIJIMA³
Janusz S. SZMYD²

ANALIZA PROCESU REFORMINGU METANU PARĄ WODNĄ PRZY POMOCY UOGÓLNIONEJ METODY NAJMNIEJSZYCH KWADRATÓW

Matematyczny model zjawiska fizycznego obarczony jest niepewnością, wynikającą z niedokładności pomiarów eksperymentalnych, wartości przyjętych parametrów oraz założonych uproszczeń modelowych. Artykuł przedstawia eksperymentalną oraz numeryczną analizę procesu parowego reformingu metanu za pomocą Uogólnionej Metody Najmniejszych Kwadratów (GLS). Opublikowane dotychczas równania kinetyki procesu reformingu różnią się znacznie między sobą oraz nie zawierają analizy niepewności przedstawionych rezultatów. Algorytm GLS pozwala na wyznaczenia najbardziej prawdopodobnych wartości empirycznych parametrów definiujących szybkość reakcji reformingu oraz umożliwia obiektywną weryfikację przygotowanego modelu matematycznego. Analiza numeryczna została przeprowadzona w oparciu o badania eksperymentalne z wykorzystaniem 0.3 g próbki katalizatora Ni/YSZ 60:40% v. Pokazano, że metoda GLS zapewnia poprawę dokładności zmiennych mierzonych oraz pozwala na wyznaczenie najbardziej prawdopodobnych wartości niewiadomych oraz niepewności charakteryzujących otrzymane wyniki.

Słowa kluczowe: katalizator Ni/YSZ, reforming parowy metanu, analiza błędów pomiarowych

METHANE STEAM REFORMING PROCESS ANALYSIS WITH GENERALIZED LEAST SQUARES ALGORITHM

Summary

Mathematical model of the physical phenomena contains the uncertainties resulted from the inaccuracy of the measurements, assumed values of parameters and model simplifications. The article presents the experimental and numerical analysis of methane steam reforming process with Generalized Least Squares Method (GLS). Published in the literature equations about kinetics of reforming process are different and they do not contain the uncertainty analysis of the obtained results. The GLS algorithm is adopted to select the most probable values of reforming kinetics parameters and to objectively validate proposed mathematical models. The numerical analysis was conducted on the basis of the experimental measurements of 0.3 g Ni/YSZ 60:40vol catalyst sample. It was proven that GLS method is useful in securing higher accuracy of measured variables, finding the most probable values of unknowns and simultaneously determining the uncertainty coupled with all the variables in the system.

Keywords: Ni/YSZ catalyst, steam methane reforming, analysis of measuring errors

DETERMINING HEAT TRANSFER CORRELATIONS FOR TRANSITION AND TURBULENT FLOW IN DUCTS

The objective of the paper is to develop correlations for the Nusselt number Nu in terms of the friction factor ζ (Re) and also Reynolds number Re and Prandtl number Pr , which is valid for transitional and fully developed turbulent flow. After solving the equations of conservation of momentum and the energy for turbulent flow in a circular tube subject to a uniform heat flux, the Nusselt number values were calculated for different values of Reynolds and Prandtl numbers. Then, the form of the correlation $Nu = f(Re, Pr)$ was selected which approximates the results obtained in the following ranges of Reynolds and Prandtl numbers: $2300 \leq Re \leq 1000000$, $0.1 \leq Pr \leq 1000$. The form of the correlation was selected in such a way that for the Reynolds number equals to $Re=2300$, i.e. at the point of transition from laminar to transitional flow the Nusselt number should change continuously. Unknown coefficients x_1, \dots, x_n appearing in the heat transfer correlation expressing the Nusselt number as a function of the Reynolds number and Prandtl number were determined by the method of least squares. To determine the values of the coefficients at which the sum of the difference squares is a minimum, the Levenberg-Marquardt method is used

Keywords: tube flow, heat transfer, coefficient of friction, correlation for the Nusselt number, transition and turbulent flow

WYZNACZANIE KORELACJI NA LICZBĘ NUSELTA DLA PRZEPŁYWU PRZEJŚCIOWEGO I TURBULENTNEGO

Streszczenie

Celem pracy było wyznaczenie korelacji na liczbę Nusselta Nu w funkcji współczynnika tarcia ζ (Re) oraz liczby Reynoldsa Re i Prandtla Pr , która obejmuje zakres przejściowy i turbulentny. Po rozwiązaniu równań zachowania pędu i energii dla przepływu w rurze na powierzchni, której zadana jest stała gęstość strumienia ciepła wyznaczono liczbę Nusselta w funkcji liczby Reynoldsa i Prandtla. Następnie wybrano funkcję przybliżającą $Nu = f(Re, Pr)$, w której nieznanne współczynniki wyznaczono metodą najmniejszych kwadratów. Zaproponowana korelacja na liczbę Nusselta ważna jest w przedziałach: $2300 \leq Re \leq 1000000$, $0.1 \leq Pr \leq 1000$. Postać korelacji została wybrana w taki sposób, że dla liczby Reynoldsa $Re = 2300$, tj. w miejscu przejścia od przepływu laminarnego do przejściowego liczba Nusselta powinna zmieniać się w sposób ciągły. Nieznane współczynniki x_1, \dots, x_n występujące w korelacji przyjmowania ciepła i wyrażające liczbę Nusselta w funkcji liczby Reynoldsa i liczby Prandtla określono metodą najmniejszych kwadratów. W celu określenia wartości współczynników przy których suma kwadratów różnicy jest minimalna, zastosowano metodę Levenberga-Marquardta.

Słowa kluczowe: przepływ w rurze, współczynnik tarcia, korelacja na liczbę Nusselta, przepływ w zakresie przejściowym i turbulentnym

²³ Autor do korespondencji/corresponding author: Dawid Taler, Cracow University of Technology, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, tel. 12 628 30 26, e-mail: dtaler@pk.edu.pl.

²⁴ Jan Taler, taler@mech.pk.edu.pl.

FIN-TUBE HEAT EXCHANGER PERFORMANCE FOR DIFFERENT LOUVER ANGLES

To choose the proper design for a heat exchanger in engineering industry and to evaluate the finned surface performance it is important to calculate fin efficiency. The heat transfer conditions, in tube-fin heat exchangers, can be modified for instance by changing the fin shapes. The angle of louver inclination affects the fluid flow direction and it has the effect on the heat transfer and temperature changes. In the paper, the heat transfer is estimated numerically for fins with and without louvers to choose the optimal louver angle in the car radiator. Numerical analyses are carried out to examine finned tube heat exchanger and to determine the performance of the radiator for eight different louver angles. Solutions are obtained by means of ANSYS program. The tube material is kept fixed as well as the heat exchanger fin and tube pitches (spacing) and the inlet air velocity.

Keywords: car radiator, louver inclination, efficiency, heat transfer

SPRAWNOŚĆ OZEBROWANEGO WYMIENNIKA CIEPŁA DLA RÓŻNYCH KĄTÓW USTAWIENIA ŻALUZJI

Streszczenie

W celu właściwego doboru wymiennika ciepła i prawidłowego określenia kryteriów pracy niezbędne jest oszacowanie sprawności zastosowanego ozebrowania. Warunki wymiany ciepła mogą ulec zmianie między innymi poprzez zmodyfikowanie kształtu żeber. Modyfikując kąt pochylenia żaluzji ozebrowania można spowodować zmianę kierunku prędkości przepływającego powietrza i wpłynąć na wymianę ciepła. W pracy przeanalizowano ilość wymianianego ciepła w chłodnicy samochodowej dla ośmiu różnych kątów nachylenia żaluzji w celu określenia położenia optymalnego, dla którego ilość oddawanego ciepła będzie największa. Przeprowadzono analizy numeryczne w celu zbadania uzebrowanej rury wymiennika ciepła oraz aby określić wydajność grzejnika dla ośmiu różnych kątów żaluzji. Obliczenia wykonano za pomocą programu ANSYS. Badania wykonano dla tego samego materiału rury, żeber wymiennika ciepła oraz dla stałej podziałki żeber oraz prędkości powietrza wlotowego.

Słowa kluczowe: chłodnica samochodowa, kąt żaluzji, sprawność, wymiana ciepła

²⁵ Piotr Wais, Cracow University of Technology, al. Jana Pawła II 37, 31-864 Krakow, e-mail:wais@mech.pk.edu.pl

OPTIMALIZACJA KSZTAŁTU ORAZ ROZMIESZCZENIA KANALÓW CHŁODZĄCYCH W ŁOPATKACH TURBIN GAZOWYCH

W pracy przedstawiono wyniki obliczeń dotyczących problemu chłodzenia łopatek turbin gazowych. Sformułowane zostało zagadnienie odwrotne dotyczące rozmieszczenia kanałów chłodzących w istniejącej konstrukcji łopatki z punktu widzenia kryterium optymalizacyjnego. Jako kryterium optymalizacji przyjęta została stała temperatura na brzegu zewnętrznym łopatki równa 600K i 650K. Obliczenia wykonane zostały dla łopatki Mark2 przy założeniu, że znany jest rozkład współczynnika przejmowania ciepła na brzegu zewnętrznym łopatki. Wyniki obliczeń pokazują, że rozmieszczenie kanałów chłodzących w tej łopatce nie jest prawidłowe z punktu widzenia rozpatrywanego kryterium optymalizacyjnego.

Słowa kluczowe: zagadnienia odwrotne, źródła pozorne

OPTIMIZATION OF SHAPE AND ARRANGEMENT OF COOLING CHANNELS IN GAS TURBINE BLADES

Summary

In this paper, the results of calculations concerning the problem of cooling the gas turbine blades were presented. The inverse problem from the optimization criterion point of view for the arrangement of cooling channels in already-existing blade construction was formulated. Constant temperature on the outer edge of the blade equals to 600K and 650K was assumed as the optimization criterion. Calculations were made for the Mark2 blade, assuming that the distribution of the heat transfer coefficient on the outer edge of the blade was known. Results of calculation show that the arrangement of cooling channels in this blade is not correct from the optimization criterion point of view.

Keywords: inverse problems, fictitious sources

²⁶ Agnieszka Wróblewska, Politechnika Poznańska, pl. Marii Skłodowskiej-Curie 5, 60-965 Poznań, tel. 61 665 2213, e-mail:agnieszka.wroblewska@poznan.pl.

Marcin ZAKRZEWSKI¹
Anna ŚCIAŻKO^{2,3}
Yosuke KOMATSU³
Shinji KIMIJIMA⁴
Akira HASHIMOTO⁵
Shozo KANEKO⁵
Janusz S. SZMYD²

EKSPERYMENTALNA CHARAKTERYSTYKA SUSZENIA WĘGLA BRUNATNEGO ZA POMOCĄ PARY PRZEGRZANEJ

Artykuł przedstawia wybrane zagadnienia związane z wykorzystaniem oraz osuszaniem węgla brunatnego dla potrzeb przemysłu energetycznego. Badania eksperymentalne przeprowadzono dla próbek węgla ze złoża Bełchatów suszonych w przegrzanej parze wodnej w zakresie temperatur 110 – 170 [°C] pod ciśnieniem atmosferycznym. Pomiarów obejmowały zmiany wagi, rozkład profilu temperatur oraz zmiany struktury próbki. Kinetykę zjawiska opisano w formie krzywych suszenia oraz zależności szybkości suszenia i profilu temperatur od czasu, na podstawie których wyróżniono charakterystyczne fazy procesu. Charakterystyki suszenia wyznaczone w eksperymencie są niezbędne do zaprojektowania efektywnego przemysłowego systemu osuszania węgla umożliwiającego wykorzystanie ciepła utajonego zawartego w odparowanej z węgla wodzie.

Słowa kluczowe: krzywe suszenia, złożo „Bełchatów”, ciśnienie atmosferyczne, ciepło utajone, Okres Stałej/Malejącej Szybkości Suszenia

EXPERIMENTAL CHARACTERISTICS OF SUPERHEATED STEAM DRYING OF LIGNITE

Summary

This paper presents selected issues related to the use and drying of the lignite for the energy industry. Experimental investigations were conducted for the lignite samples from Belchatow lignite mine, which were dried in a superheated steam in the temperature range 110 - 170 [°C] and atmospheric pressure. Each experiment included measurements of the changes of weight, the temperature profile distribution and changes in the structure of the sample. The kinetics of the process was described in the form of the functions of weight, drying speed and temperatures in correlation with time, which were used to distinguish the characteristic stages of the drying process. Drying characteristics derived in the experiment are essential for designing an effective industrial coal drying system, which allows for using of the latent heat contained in the water evaporated from the coal.

Keywords: drying curves, “Belchatow” lignite deposit, atmospheric pressure, latent heat, Constant/Decreasing Drying Rate Period

¹ Autor do korespondencji: Marcin Zakrzewski, Akademia Górniczo-Hutnicza, al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, tel. 12 617 26 85, e-mail: marcin_zakrzewski@poczta.onet.pl.

² Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków.

³ Shibaura Institute of Technology, 307 Fukasaku, Minuma-ku, 337-8570 Saitama, Japan.

⁴ Shibaura Institute of Technology, 307 Fukasaku, Minuma-ku, 337-8570 Saitama, Japan.

⁵ The University of Tokyo, 4-6-1 Komaba, Meguro-ku, 153-8505 Tokyo, Japan.

TRANSONIC AXIAL COMPRESSOR ACTIVE BOUNDARY LAYER CONTROL CONCEPT AND ITS EVALUATION

The article presents a concept of boundary layer control in transonic axial compressors. Two methods for obtaining boundary layer control are presented. It is proposed that by combining those two methods, an efficient way of preventing turbulent boundary layer separation in transonic compressor passages can be obtained without the loss of the compressor flux. The concept, is based on the idea of removing boundary layer flows at one stage, and using this removed flux as a blowing type boundary layer control, at previous stage where lower pressures occur. This creates a loop of secondary flow between those stages preventing the boundary layer separation (especially the shock induced separation) on both stages. Two dimensional numerical analyses are performed to assess the possible passage performance (especially the diffusion factor). On the basis of two dimensional analyses, the possible performance of such compressor stage is estimated. The aerodynamic possibility of greatly increasing the axial compressing stage loadings and pressure ratios without increasing blade velocities and passage flow Mach numbers is shown. This possibility has a growing importance as the overall pressure ratio of turbojet engines and tends to rise with every next engine generation. Main conclusions are drawn, showing the possibilities for further research in the scope of this concept.

Keywords: flow separation, transonic diffusers, turbojet engines,

KONCEPCJA KONTROLI WARSTWY PRZYŚCIENNEJ W SPRĘŻARKACH TRANSONICZNYCH I JEJ EWALUACJA

Streszczenie

Artykuł prezentuje koncepcję dwóch metod kontroli warstwy przyściennej w kanałach transonicznych sprężarek. Zaproponowano aby przez połączenie tych dwóch metod, skuteczny sposób zapobiegania turbulentnego oddzielenia warstwy granicznej w transonicznych kanałach sprężarek można uzyskać bez straty strumienia sprężarki. Koncepcja opiera się na idei usuwania przepływów w warstwie brzegowej w jednym etapie oraz wykorzystaniu strumienia jako kontroli warstwy brzegowej we wcześniejszym etapie, gdy występuje niższe ciśnienie. To tworzy wtórną pętlę przepływu pomiędzy tymi etapami uniemożliwiających rozdzieleniu warstwy granicznej (zwłaszcza rozdzieleniu wywołanemu wstrząsem) na obu etapach. Dwuwymiarowa analiza numeryczna została przeprowadzona w celu oceny możliwej wydajności przejściowej (zwłaszcza współczynnika dyfuzji). Na podstawie dwuwymiarowej analizy określono możliwość wykonania takiego stopnia sprężarki. Przedstawiono aerodynamiczną możliwość znacznego zwiększenia obciążeń stopnia sprężania osiowego i wskaźników ciśnienia bez zwiększania prędkości łopat i liczb Macha podczas przepływu. Możliwość ta ma coraz większe znaczenie jako wskaźnika całkowitego ciśnienia silników turboodrzutowych i wykazuje tendencję do wzrostu w każdej następnej generacji silnika. Nakreślono główne wnioski, pokazując możliwości dalszych badań w tym zakresie.

Słowa kluczowe: separacja przepływu, dyfuzory transoniczne, silniki turboodrzutowe

²⁷ Autor do korespondencji/corresponding author: Bartosz Ziegler, Poznań University of Technology, ul. Piotrowo 3, 60-695 Poznań, e-mail: bartosz.ziegler@doctorate.put.poznan.pl