

STRESZCZENIA

Paweł GIL¹Piotr STRZELCZYK²PORÓWNANIE WŁAŚCIWOŚCI CHŁODZĄCYCH STRUGI
SYNTETYCZNEJ I STRUGI SWOBODNEJ

W pracy porównano właściwości chłodzące generatorów strugi syntetycznej oraz wentylatorów. Badano względny współczynnik przejmowania ciepła radiatora. Zastosowano dwa generatory strugi syntetycznej. Pierwszy model posiadał przetwornik elektroakustyczny o średnicy 160 mm oraz dyszę o średnicy $d = 15$ mm, natomiast drugi – głośnik o średnicy 50 mm oraz dyszę o średnicy $d = 5$ mm. Generatory strugi syntetycznej zostały zasilone sygnałem sinusoidalnym o częstotliwości rezonansowej danego głośnika: w przypadku przetwornika o średnicy 160 mm – 35 Hz, natomiast w przypadku głośnika o średnicy 50 mm – 410 Hz. Do wytworzenia strugi swobodnej posłużyły dwa wentylatory komputerowe o wymiarach 80 x 80 mm oraz 60 x 60 mm. W celach porównawczych do generatorów strugi syntetycznej oraz wentylatora została doprowadzona ta sama skuteczna moc elektryczna.

Słowa kluczowe: struga syntetyczna, struga swobodna, wymiana ciepła, wir pierścieniowy, generator strugi syntetycznej

COMPARISON OF COOLING PROPERTIES OF SYNTHETIC AND CONTINUOUS JETS

Summary

This paper presents a comparison between synthetic and continuous jets. In the article the relative heat transfer coefficient was measured. Two synthetic jets actuators were used, the first had a speaker with a diameter of 160 mm and an orifice diameter $d = 15$ mm, and the second speaker had a diameter of 50 mm and an orifice diameter $d = 5$ mm. The synthetic jet actuator has been powered with a sinusoidal signal of the resonant frequency of the speaker, the transducer with a diameter of 160 mm – 35 Hz while the speaker with a diameter of 50 mm – 410 Hz. To produce continuous jets, two computer fans with dimensions of 80 x 80 mm and 60 x 60 mm were used. For comparison between synthetic and continuous jets, the synthetic jet actuator and the fan were fed by the same electric power.

Keywords: synthetic jet, continuous jet, heat transfer, ring vortex, synthetic jet actuator

DOI: 10.7862/rm.2015.11

Otrzymano/received: 10.12.2014 r.

Zaakceptowano/accepted: 14.02.2015 r.

¹ Autor do korespondencji/corresponding author: Paweł Gil, Politechnika Rzeszowska, ul. Powstańców Warszawy 8, 35-959 Rzeszów, tel.: (17) 8651648, e-mail: gilpawel@prz.edu.pl.

² Piotr Strzelczyk, Politechnika Rzeszowska, e-mail: piotstrz@prz.edu.pl.

Marcin KRATOFIL³
Robert ZARZYCKI⁴
Rafał KOBYLECKI⁵
Zbigniew BIS⁶

ANALIZA PROCESU TORYFIKACJI BIOMASY

W artykule dokonano zestawienia oraz analizy zmian parametrów fizykochemicznych biomasy w efekcie poddania jej obróbce termicznej w temperaturze 350°C. Wyniki badań wskazują, że umożliwia to właściwie całkowite usunięcie wilgoci z toryfikowanej biomasy, a dodatkowo jest widoczny wyraźny spadek zawartości części lotnych w produkcie, przy jednoczesnym wzroście zawartości tzw. fixed carbonu. Wykazano także, że toryfikacja biomasy powoduje wzrost zawartości węgla w produkcie, a także wzrost parametrów energetycznych (ciepło spalania i wartość opałowa).

Słowa kluczowe: biomasa, obróbka termiczna, toryfikacja

INVESTIGATION OF BIOMASS TORREFACTION PROCESS

S u m m a r y

In this paper the changes of some chosen physico-chemical parameters of biomass as a result of its thermal treatment at the temperature of 350°C are investigated. The results indicate that torrefaction provides suitable conditions for complete elimination of moisture from the biomass, as well as for significant decrease of the volatile content, and the increase of the, so-called, fixed carbon. It was also demonstrated that the torrefaction of biomass brings about the increase of the carbon content in the solid product, as well as the increase of its high and low heating values and heat of combustion.

Keywords: biomass, thermal treatment, torrefaction

DOI: 10.7862/rm.2015.12

Otrzymano/received: 14.09.2014 r.

Zaakceptowano/accepted: 20.11.2014 r.

³ Autor do korespondencji/corresponding author: Marcin Kratofil, Katedra Inżynierii Energii, Politechnika Częstochowska, ul. Brzeźnicka 60a, 42-200 Częstochowa, tel.: (34) 3257334, wew. 18, e-mail: mkratofil@is.pcz.czyst.pl.

⁴ Robert Zarzycki, Politechnika Częstochowska, zarzycki@is.pcz.czyst.pl.

⁵ Rafał Kobylecki, Politechnika Częstochowska, rafalk@is.pcz.czyst.pl.

⁶ Zbigniew Bis, Politechnika Częstochowska, zbis@is.pcz.czyst.pl.

Sebastian LEPSZY⁷
Tadeusz CHMIELNIAK⁸

UKŁADY GAZOWO-PAROWE Z CO₂ JAKO CZYNNIKIEM ROBOCZYM

W procesie rozwoju technologii energetycznych istotne miejsce zajmują technologie wykorzystania ciepła odpadowego i technologie wykorzystania ciepła niskotemperaturowego. Jednym z najpopularniejszych obiegów wykorzystywanych w tym celu jest obieg Rankine'a. Wykorzystanie dwutlenku węgla jako czynnika roboczego zarówno w obiegach o ciśnieniu nadkrytycznym, jak i obiegach transkrytycznych cechuje się wieloma zaletami w porównaniu z tradycyjnymi obiegami wykorzystującymi parę wodną. Najistotniejsze z nich są związane z rozmiarami maszyn i urządzeń. Dwutlenek węgla jest również czynnikiem dostępnym, o małym potencjale wpływu na warstwę ozonową w porównaniu z innymi czynnikami organicznymi. W pracy przedstawiono analizę układu gazowo-parowego z CO₂ jako czynnikiem roboczym. W szczególności określono podstawowe parametry energetyczne oraz straty egzergii w wymiennikach ciepła.

Słowa kluczowe: obiegi nadkrytyczne, analiza egzergiczna, obieg z regeneracją

GAS-STEAM COMBINED CYCLES WITH CO₂ AS WORKING MEDIUM

Summary

In the process of the development of energy systems, waste heat recovery and low temperature technologies occupy an important place. One of the most common system used for this purpose is the Rankine cycle. The use of carbon dioxide as the working medium in both the super- and sub critical pressure cycles has several advantages compared to traditional steam cycles. The most important advantages are associated with dimensions of machines and equipment. Carbon dioxide is also a common medium, with a low potential impact on the ozone layer as compared to other organic mediums. The paper presents an analysis of different configurations of the gas-steam cycles with CO₂ as the working fluid. In particular, the basic parameters of the energy analysis were determined and exergy losses are specified.

Keywords: supercritical cycles, exergy analysis, regeneration cycle

DOI: 10.7862/rm.2015.13

Otrzymano/received: 14.09.2014 r.

Zaakceptowano/accepted: 14.02.2015 r.

⁷ Autor do korespondencji/corresponding author: Sebastian Lepszy, Politechnika Śląska, ul. S. Konarskiego 18, 44-100 Gliwice, tel.: (32) 2372337, e-mail: sebastian.lepszy@polsl.pl.

⁸ Tadeusz Chmielniak, Politechnika Śląska, e-mail: tadeusz.chmielniak@polsl.pl.

Artur NEMŚ⁹
Michał POMORSKI¹⁰

TERMODYNAMIKA PROCESU SPALANIA MIESZANEK WZBOGACONYCH W TLEN

W artykule zostały poruszone aspekty zastosowania mieszanki wzbogaconej w tlen w silnikach spalinowych. Omówiono problemy wynikające z takiego sposobu prowadzenia procesu spalania oraz spróbowano rozwiązać jedną z największych przeszkód we wprowadzeniu wspomnianej techniki do powszechnego zastosowania. Podano sposób kontrolowania temperatury podczas spalania w atmosferze tlenowej oraz wyjaśniono przyczyny obniżenia teoretycznej temperatury spalania dla omawianego przypadku spalania tlenowego.

Słowa kluczowe: spalanie tlenowe, adiabatyczna temperatura spalania, kontrolowanie procesu spalania

THERMODYNAMICS OF COMBUSTION PROCESS OF OXYGEN ENRICHED MIXTURES

Summary

The article presents the use of oxygen-enriched mixture in internal combustion engines. The problems arising from such a method of conducting the combustion process and the attempts to solve one of the biggest obstacles to applying such technique for applications were discussed. The ways of controlling the temperature of the combustion in oxygen atmosphere were explained and the reasons for reduction of the theoretical flame temperature of discussed case of oxygen combustion were explained.

Keywords: oxygen combustion, adiabatic combustion temperature, control of combustion process

DOI: 10.7862/rm.2015.14

Otrzymano/received: 14.09.2014 r.

Zaakceptowano/accepted: 20.02.2015 r.

⁹ Autor do korespondencji/corresponding author: Artur Nems, Politechnika Wroclawska, ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, tel.: (71) 3203673, e-mail: artur.nems@pwr.edu.pl.

¹⁰ Michał Pomorski, Politechnika Wroclawska, e-mail: michal.pomorski@pwr.edu.pl.

ANALIZA PROCESÓW KONWERSJI ENERGII W URZĄDZENIU TERMOAKUSTYCZNYM

Działanie urządzeń termoakustycznych (TA) opiera się na efekcie termoakustycznym opisanym przez Rayleigha już w XIX w. Przy odpowiednio wysokiej różnicy temperatur wzdłuż tuby akustycznej gaz zaczyna samoistnie oscylować, generując dźwięk. Praca urządzeń TA wykorzystujących falę biegnącą jest oparta na termodynamicznym obiegu Stirlinga. Silnik termoakustyczny w swojej konstrukcji przypomina klasyczny silnik Stirlinga – wykorzystuje pracę nagrzewnicy, chłodnicy i umieszczonego między nimi regeneratora. Energia mechaniczna otrzymana przez naprzemienne sprężanie i rozprężanie cząstek gazu przyjmuje postać energii niesionej przez falę dźwiękową, która w tym wypadku zastępuje pracę tłoka. W urządzeniach TA następuje zatem konwersja energii cieplnej w akustyczną (silniki) lub energii akustycznej w ciepłą (pompy ciepła). Urządzenia TA charakteryzują się prostą budową i nie posiadają części ruchomych. Artykuł przedstawia podstawową zasadę działania urządzeń termoakustycznych oraz towarzyszących temu procesów konwersji energii. Analizie poddano proces rozpraszania energii na regeneratorsze urządzenia termoakustycznego oraz jego obieg termodynamiczny przy uwzględnieniu oscylacyjnego ruchu gazu. Zaprezentowano, w jaki sposób cząstka gazu przechodzi obieg termodynamiczny i jak kontakt termiczny cząstki i ścianki regeneratora wpływa na ten proces. Omówiono również warunki potrzebne do wystąpienia efektu termoakustycznego dla przesunięcia fazowego między ciśnieniem akustycznym a prędkością akustyczną, odpowiadającego fali stojącej oraz fali biegnącej. Przedstawiono także bilans energii przykładowego urządzenia oraz możliwości jego zastosowania.

Słowa kluczowe: termoakustyka, obieg termodynamiczny, obieg Stirlinga, energia fali akustycznej

ANALYSIS OF ENERGY CONVERSION PROCESSES IN A THERMOACOUSTIC DEVICE

Summary

Thermoacoustic devices (TA) operation are based on thermoacoustic effect, described by Rayleigh in XIX century. With the temperature difference high enough along an acoustic tube, gas starts to oscillate spontaneously producing sound. The performance of TA devices with the travelling wave is based on the thermodynamic Stirling cycle. The thermoacoustic engine resembles in its construction the conventional Stirling engine – it uses regenerator placed between hot and cold heat exchangers. Mechanical energy achieved by oscillatory compression and expansion of the gas parcels is the energy carried by a sound wave, which in this case replaces work of a piston. Hence, in TA devices thermal energy is converted into acoustic energy (engines) or acoustic energy into thermal energy (heat pumps). TA devices are very simple in construction and have no moving parts. The aim of this article is to introduce the principle of thermoacoustic devices and related to it energy conversion processes. The process of energy dissipation on the TA regenerator as well as the thermodynamic cycle of the TA device, considering the gas oscillations, is being analysed. It is presented, how the gas parcel undergoes the cycle, and how the thermal contact between the parcel and the solid influences the process. The conditions needed for the occurrence of the thermoacoustic effect for the travelling wave and standing wave phasing are also discussed. Finally, the energy balance of the device and application perspectives are presented.

Keywords: thermoacoustics, thermodynamic cycle, Stirling cycle, acoustic wave energy

DOI: 10.7862/rm.2015.15

Otrzymano/received: 14.09.2014 r.

Zaakceptowano/accepted: 20.02.2015 r.

¹¹ Autor do korespondencji/corresponding author: Adam Ruziewicz, Politechnika Wroclawska, ul. Plac Grunwaldzki 9, 50-370 Wrocław, tel.: (71) 3203091, e-mail: adam.ruziewicz@pwr.edu.pl.

¹² Jacek Lamperski, Politechnika Wroclawska, e-mail: jacek.lamperski@pwr.edu.pl.

DYNAMIKA PROCESU PAROWANIA POJEDYNCZEJ KROPLI WODY PRZY MAŁYCH LICZBACH WEBERA

Jedną z metod chłodzenia powierzchni o dużej gęstości strumienia ciepła jest wykorzystanie rozpylaczy cieczerwych. Proces odbioru ciepła rozpylonej cieczy zachodzi przez przemianę fazową płynu, którego tempo jest uzależnione od warunków początkowych, takich jak prędkość i średnica początkowa kropeł cieczy. W artykule podjęto próbę obliczenia dynamiki procesu parowania pojedynczej kropli wody rozpylanej na płaskiej powierzchni ciała stałego, przy różnych liczbach Webera. Zaprezentowano model numeryczny odparowania wody oparty na metodzie lokalizacji powierzchni swobodnej Volume of Fluid (VoF). Symulację wykonano dla prędkości 1, 2, 3 i 4 m/s oraz początkowych średnic kropeł równych odpowiednio 100, 150 i 200 μm . Liczby We osiągnęły wartości od 1,35 do 32,35.

Słowa kluczowe: obliczenia numeryczne, rozpylacze cieczerwowe, dynamika parowania kropli

EVAPORATION PROCESS DYNAMICS OF SINGLE WATER DROPLET AT LOW WEBER NUMBERS

Summary

One of the cooling methods for high heat flux surfaces is the spray cooling method. The heat removal process of sprayed liquid occurs by the phase transformation of liquid, whose rate depends on the initial conditions such as velocity and initial diameter of the liquid droplets. The article shows the attempt to calculate the evaporation process dynamics of single water droplet spraying on flat surface of solid body at different Weber numbers. The numerical model of water evaporation based on the location of the free surface method – Volume of Fluid (VoF), was presented in this paper. Calculations were performed for the velocities of 1, 2, 3, and 4 m/s, and initial droplets diameter of 100, 150 and 200 μm . The value of the Weber number were from 1.35 to 32.35.

Keywords: numerical calculations, liquid sprayer, drop evaporation dynamics

DOI: 10.7862/rm.2015.16

Otrzymano/received: 14.09.2014 r.

Zaakceptowano/accepted: 20.02.2015 r.

¹³ Autor do korespondencji/corresponding author: Przemysław Smakulski, Politechnika Wrocławska, ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, tel.: (71) 3203091, e-mail: przemyslaw.smakulski@pwr.edu.pl.

¹⁴ Sławomir Pietrowicz, Politechnika Wrocławska, e-mail: slawomir.pietrowicz@pwr.edu.pl.

MODELOWANIE USTALONYCH PROCESÓW PRZEPIYWOWO-CIEPLNYCH W KOTLE FLUIDALNYM

W pracy zostały przedstawione wyniki komputerowej symulacji pracy przegrzewacza pary w stanach ustalonych. Analizowany przegrzewacz charakteryzuje się złożonym kształtem przekroju poprzecznego rur i jest stosowany w kotłach z cyrkulującą warstwą fluidalną. W trakcie obliczeń cieplno-przepływowych niezbędne jest wyznaczenie rozkładu temperatury materiału na całej długości przegrzewacza. Do przeprowadzenia obliczeń pracy przegrzewacza w stanach ustalonych stworzono własny model matematyczny, napisany w języku Fortran, którego wyniki zostały porównane z wynikami otrzymanymi w programie Star-CCM+. W modelu własnym zastosowano bilansową metodę elementów skończonych, która pozwala na dokładne odwzorowanie rozkładu temperatury przy niewielkiej liczbie komórek siatki. Do wyznaczenia właściwości przepływającej pary została zastosowana jawna metoda różnic skończonych. Wyniki uzyskane z zastosowaniem opracowanego własnego modelu wykazały się bardzo dobrą zgodnością z wynikami uzyskanymi dzięki modelowaniu CFD.

Słowa kluczowe: kocioł parowy, pole temperatury, komputerowa mechanika płynów, bilansowa metoda elementów skończonych

MODELING OF THE STEADY-STATE THERMAL AND FLOW PROCESSES IN STEAM SUPERHEATER OF FLUIDIZED BOILER

Summary

The paper presents the results of computational steady-state simulations of the superheater. Analyzed superheater is characterized by complex shape of cross-section of tubes and is used in boilers with circulating fluidized (CFD). During the thermal and flow calculations of the superheater with a complex cross-section shape, the temperature distribution of the material need to be determined over the entire length of the superheater. To perform the calculations of superheater operation in the steady state was created its own mathematical model, prepared in Fortran language, which the results were compared with the results obtained in the Star-CCM + software. In this model, to solve the equation of heat conduction was applied the balance finite element method, which allows for the accurate determination of the temperature distribution using a small number of grid cells. To determine the properties of flowing steam the explicit finite difference method was applied. The results obtained by the own model compared with the results obtained by CFD modeling show very good agreement.

Keywords: steam boiler, temperature field, computational fluid dynamics, balance finite element method

DOI: 10.7862/rm.2015.17

Otrzymano/received: 14.09.2014 r.

Zaakceptowano/accepted: 21.01.2015 r.

¹⁵ Autor do korespondencji/corresponding author: Dawid Taler, Politechnika Krakowska, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, tel.: (12) 6283600, e-mail: dtaler@pk.edu.pl.

¹⁶ Paweł Madejski, Akademia Górniczo-Hutnicza, e-mail: madejski@agh.edu.pl.

¹⁷ Jan Taler, Politechnika Krakowska, e-mail: taler@mech.pk.edu.pl.

KONCEPCJA ZABUDOWY ABSORPCYJNEJ POMPY CIEPŁA W UKŁADZIE BLOKU PAROWEGO

W pracy przedstawiono koncepcję zabudowy absorpcyjnej pompy ciepła w układzie nadkrytycznego bloku parowego, mającej na celu jego ucieplwienie. Zaproponowana koncepcja została poddana analizie symulacyjnej, którą zrealizowano z wykorzystaniem środowiska IPSEpro firmy SimTech. W pracy dokonano integracji absorpcyjnej pompy ciepła z układem bloku parowego, a analiza wykazała duży potencjał tego rozwiązania. Wynika z niej, że zabudowa pompy ciepła pozwala na znaczące oszczędności paliwa oraz wyraźne ograniczenie emisji dwutlenku węgla. Ponadto zastosowanie absorpcyjnej pompy ciepła pozwala ograniczyć negatywny, ze względu na produkcję energii elektrycznej, wpływ ucieplwienia bloku. Przeprowadzone obliczenia symulacyjne pozwoliły na ustalenie i porównanie wskaźników sprawności elektrycznej brutto oraz sprawności w kogeneracji dla układu z wymiennikiem ciepła i absorpcyjną pompą ciepła.

Słowa kluczowe: kogeneracja, modelowanie obiegów cieplnych, symulacje numeryczne, absorpcyjne pompy ciepła

THE CONCEPT OF IMPLEMENTATION OF ABSORPTION HEAT PUMP INTO THE STEAM POWER UNIT

Summary

The paper presents concept of implementation of absorption heat pump into the supercritical steam power plant for additional heat production. Proposed concept was analysed based on numerical simulations that was realised with use of SimTech IPSEpro computer program. The integration of absorption heat pump and supercritical steam power unit was carried out. The results of analysis showed some advantages of such system. Furthermore, potential of fuel consumption savings that also causes significant reduction of carbon dioxide emission is found. Implementation of absorption heat pump allows to decrease negative impact of additional heat production on electricity generation in cogeneration system. The performed calculations allowed the assessment and comparison of basic coefficients such as gross electricity generation efficiency and efficiency of cogeneration system for power unit with conventional heat exchanger and absorption heat pump.

Keywords: cogeneration, thermal cycle modelling, numerical simulations, absorption heat pump

DOI: 10.7862/rm.2015.18

Otrzymano/received: 14.09.2014 r.

Zaakceptowano/accepted: 21.02.2015 r.

¹⁸ Autor do korespondencji/corresponding author: Robert Zarzycki, Politechnika Częstochowska, ul. Brzeźnicka 60a, 42-200 Częstochowa, tel.: (34) 3257334, e-mail: zarzycki@is.pcz.czyst.pl.

¹⁹ Marcin Panowski, Politechnika Częstochowska, e-mail: mpanowski@is.pcz.czyst.pl.

Jerzy ZOŃ²⁰
Zbigniew GNUTEK²¹

NOWE MATERIAŁY I PROCESY W KONWERSJI ORAZ PRZECHOWYWANIU ENERGII – WYBRANE ZAGADNIENIA

Na podstawie studiów literaturowych wybrano i przytoczono przykłady obecnie stosowanych technologii i materiałów do konwersji oraz przechowywania energii. Mając na uwadze z jednej strony rosnące zapotrzebowanie na energię, z drugiej zaś bogactwa naturalne oraz warunki klimatyczne, wybrano kilka zagadnień, dla których w zarysie przedstawiono obecny stan badań oraz podano literaturę. Studia literaturowe przeprowadzono, opierając się na bazach danych *SciFinder* i *Current Contents*, w perspektywie ostatnich czterech lat. Tylko w wyjątkowych przypadkach sięgano do starszej literatury.

Słowa kluczowe: węgiel brunatny, naturalny gaz ziemny, wodór jako paliwo, organiczny cykl Rankine'a, konwersja energii, magazynowanie energii

NEW MATERIALS AND PROCESSES IN CONVERSION AND STORAGE OF ENERGY – SELECTED PROBLEMS

Summary

On the basis of literature studies the examples of currently used technologies and materials for energy conversion and storage were selected and described. Taking into consideration increasing domestic demand for energy, limited resources and climate conditions, authors have presented several energy conversion and storage related topics. Literature studies were carried out on the basis of databases *SciFinder* and *Current Contents* in perspective past four years. Only in exceptional cases dating back to the older literature.

Keywords: brown coal, natural gas, coal, hydrogen as fuel, organic Rankine cycle, energy conversion, storage energy

DOI: 10.7862/rm.2015.19

Otrzymano/received: 14.09.2014 r.
Zaakceptowano/accepted: 10.03.2015 r.

²⁰ Autor do korespondencji/corresponding author: Jerzy Zoń, Politechnika Wroclawska, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, tel.: (71) 3203910, e-mail: jerzy.zon@pwr.edu.pl.

²¹ Zbigniew Gnutek, Politechnika Wroclawska, e-mail: zbigniew.gnutek@pwr.edu.pl.