

XXXV

**Jubileuszowy Zjazd
Termodynamików**

11–14 września 2023 r., Gdańsk

Książka abstraktów

pod redakcją

Janusza T. Cieślińskiego, Dariusza Mikielwicza, Jana Wajsa



PRZEWODNICZĄCY KOMITETU REDAKCYJNEGO
WYDAWNICTWA POLITECHNIKI GDAŃSKIEJ
Dariusz Mikielewicz

SKŁAD I PROJEKT OKŁADKI
Ireneusz Jelonek

Wydano za zgodą
Rektora Politechniki Gdańskiej

Utwór nie może być powielany i rozpowszechniany, w jakiegokolwiek formie
i w jakikolwiek sposób, bez pisemnej zgody wydawcy.

© Copyright by Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej,
Gdańsk 2023

ISBN 978-83-7348-891-5

WYDAWNICTWO POLITECHNIKI GDAŃSKIEJ

Wydanie I. Arkuszy druku 9,75, 277/1223

Druk i oprawa: Volumina.pl sp. z o. o.
ul. Księcia Witolda 7-9, 71-063 Szczecin, tel. 91 812 09 08

Spis treści

Komitet naukowy	11
Komitet programowy	12
Komitet organizacyjny	13
Słowo wstępne	15
Abstrakty referatów plenarnych	17
Butrymowicz Dariusz	
Postępy w chłodnictwie i technice niskich temperatur	19
Chmielniak Tadeusz, Remiorz Leszek	
Ogólna charakterystyka zagadnień początkowo-brzegowych w teorii ogniw paliwowych i elektrolizerów	20
Cyklis Piotr	
Procesy sorpcyjne w obiegach lewobieżnych – problemy i możliwości	21
Domański Roman	
Modularne reaktory jądrowe – stan wiedzy i perspektywy	22
Kindracki Jan, Wacko Krzysztof, Chmielarek Michał, Mężyk Łukasz, Woźniak Przemysław, Kozłowska Sylwia, Kołodziej Maciej	
Przesiewowe badania eksperymentalne stałych materiałów pędnych pod kątem zastosowania w małych silnikach rakietowych	23
Kotowicz Janusz, Szykowska Kamila	
Analiza różnych aspektów energetycznego wykorzystania zielonego wodoru	24
Mikielewicz Dariusz	
Dysspacja energii w modelowaniu przepływów konwekcyjnych	25
Mikielewicz Jarosław, Mikielewicz Dariusz	
Wpływ termodynamiki na rozwój techniki i nauki	26
Mosdorf Romuald, Rafałko Gabriela, Zaborowska Iwona	
Analiza złożoności dynamiki przepływów dwufazowych	27
Ostrowski Ziemowit	
Dydaktyka przedmiotów (nie tylko) związanych z techniką ciepłą – gdzie jesteśmy teraz i czy jest coś ciekawszego niż tradycyjny styl nauczania?	28
Panas Andrzej J.	
Metodologia i praktyka wyznaczania właściwości cieplno-fizycznych	29
Petronella Francesca, de Biase Daniela, Zaccagnini Federica, Sforza Maria Laura, Avitabile Arianna, De Sio Luciano	
Gold nanoparticles for photothermal water disinfection	30
Piasecka Magdalena	
Wybrane zagadnienia towarzyszące wrzeniu podczas przepływu przez minikanaly o przekroju prostokątnym	31
Polesek-Karczewska Sylwia, Kardaś Dariusz	
Aspekty numerycznego modelowania procesów transportu w granularnych ośrodkach reaktywnych z relaksacyjnym opisem przepływu ciepła	32
Ryfa Arkadiusz	
Przychodzi klient . . . czyli realizacja nauczania termodynamiki i wymiany ciepła przez praktykę	33
Sikora Małgorzata, Bohdal Tadeusz, Witczak Stanisław, Ligus Grzegorz	
Mapy struktur w przepływach wielofazowych	34
Sinek Aleksander, Mesek Mateusz, Rojczyk Marek, Juszczyk Jan, P. Adamczyk Wojciech P., Sturdy Jacob, Melka Bartłomiej, Golda Adam, Nowok Michał, Ostrowski Ziemowit, Białecki Ryszard	
Measurements of arterial displacements during the cardiac cycle using ultrasound	35
De Sio Luciano	
White light thermoplasmonics: new advances in biomedical applications	36
Szłęk Andrzej	
Amoniak jako sposób na długookresowe magazynowanie energii	37

Szmyd Janusz S.	
Numerical modelling of transport phenomena in SOFC systems.....	38
Wiśniewski Tomasz S., Jaworski Maciej	
Termodynamika i wymiana ciepła – jak nauczać i w jakim zakresie?	39
Wolański Piotr W.	
Napędy detonacyjne.....	40
Abstrakty referatów w sesjach posterowych regularnych	41
Adamczyk Wojciech P., Przybyła Grzegorz, Nadimi Ebrahim, Peczkis Grzegorz, Løvås Terese, Petela Karolina, Proniewicz Mateusz, Pasternak Michał, Lewandowski Michał, Emberson David, Bjørgen Karl, Rutczyk Bartłomiej, Sachajdak Andrzej	
Zastosowanie amoniaku jako paliwa do napędu silników tłokowych.....	43
Antonowicz Arkadiusz, Makowski Łukasz, Wajs Jan	
Stereo-micro PIV (2D3C) przepływu w modelu mikrokanału utworzonego z wykorzystaniem druku 3D.....	44
Badyda Krzysztof, Harutyunyan Artur, Wołowicz Marcin	
Analiza możliwości repoweringu bloków siłowni parowych z wykorzystaniem turbin gazowych.....	45
Bańkowski Michał, Wiśniewski Sławomir	
Analiza efektywności pracy binarnej siłowni ORC z zeotropowym czynnikiem organicznym	46
Bartyzel Filip, Ochoń Paweł	
Modeling of RESHeat system operation in TRNSYS simulation software	47
Błaszczuk Artur, Jagodzik Szymon	
Charakterystyka wymiany ciepła w wymienniku ciepła ze złożem fluidalnym.....	48
Borcuch Marcin, Pięta Kamil	
Analiza numeryczna i eksperymentalna akumulatora chłodu wykorzystującego zjawiska przemian fazowych.....	49
Brodzik Łukasz	
Rozkład temperatury gazu w parownicy silnika turboodrzutowego GTM400.....	50
Bury Tomasz, Hanuszkiewicz-Drapała Małgorzata	
Intensyfikacja transportu ciepła w wymienniku krzyżowoprądowym poprzez sterowanie dopływem powietrza.....	51
Chwieduk Dorota	
Osiebla dodatnie energetycznie – możliwości realizacji w kraju	52
Cieślikiewicz Łukasz, Dietrich Fabian, Latko-Durałek Paulina, Sałasińska Kamila, Durałek Paweł, Boczkowska Anna, Łapka Piotr	
Badanie jednorodności cieplnej kompozytów z wykorzystaniem termografii w podczerwieni	53
Ciupek Bartosz	
Wpływ doprowadzenia wodnego roztworu mocznika do procesu spalania kotła grzewczego na paliwa stałe na emisję substancji szkodliwych	54
Dutkowski Krzysztof, Kruzel Marcin, Kochanowska Martyna	
Badania eksperymentalne wpływu stanu skupienia materiału zmiennofazowego w mikrokapsułce na krytyczną liczbę Reynoldsa w przepływie zawiesiny	55
Fabrykiewicz Maciej, Cieśliński Janusz T.	
Badania eksperymentalne magazynowania energii cieplnej z zastosowaniem nanoPCM	56
Gagan Jerzy, Pawluczuk Andrzej, Łukaszuk Michał, Śmierciew Kamil, Butrymowicz Dariusz, Madej Marek, Mastrowski Mikołaj	
Badania chłodniczych układów strumieniowych pracujących w warunkach przemysłowych.....	57
Gołębiewski Michał, Galant-Gołębiewska Marta	
Studium adaptacji alternatywnych systemów zasilania w energię dla obiektów przemysłowych	58
Grzebielec Andrzej, Szelągowski Adam, Albiński Maria, Rynkun Michał, Sowiński Filip	
Modelowanie pracy adsorpcyjnego magazynu chłodu typu zamkniętego opartego na parze roboczej silikażel–woda.....	59
Homa Dorota, Kosman Wojciech, Bartela Łukasz	
Współpraca wyspy turbinowej z reaktorem jądrowym czwartej generacji.....	60
Hożejowska Sylwia, Piasecka Magdalena, Wolak Wojciech	
Badanie wymiany ciepła i oporów przepływu przy wrzeniu proekologicznych czynników w minikanalach	61

Janusz Szymon, Borch Marcjan, Cyklis Piotr	
Badanie wpływu wybranych parametrów geometrii złoża na procesy adsorpcji i desorpcji w urządzeniach chłodniczych przy użyciu symulacji numerycznej.....	62
Janusz Szymon, Borch Marcjan, Cyklis Piotr	
Symulacja procesu adsorpcji z użyciem programu FLUENT.....	63
Janusz Szymon, Cyklis Piotr, Borch Marcjan	
Badanie procesów adsorpcji i desorpcji za pomocą autorskiego stanowiska eksperymentalnego.....	64
Jerzak Wojciech, Magdziarz Aneta	
Piroliza zużytych opon – analiza wybranych problemów badawczych.....	65
Kaniowski Robert	
Wrzenie wody na powierzchniach miedzianych z mikrokanalami pochyłymi.....	66
Kaniowski Robert, Pastuszko Robert, Dadas Norbert	
Wizualizacja wrzenia FC-72 na miedzianych mikrokanalach otwartych.....	67
Kardaś Dariusz, Rusanov Andrij, Polesek-Karczewska Sylwia, Rusanov Roman, Wardach-Święcicka Izabela, Turzyński Tomasz	
Optymalizacja warunków pracy małego układu kogeneracji ciepła i prądu z piecem powietrznym i turbiną gazową.....	68
Kijo-Kleczkowska Agnieszka, Gnatowski Adam, Gajek Marcin, Szumera Magdalena, Knaś Krzysztof	
Badania termiczne wybranych odpadów tworzyw sztucznych, węgla i biomasy.....	69
Kindracki Jan, Siatkowski Stanisław, Wacko Krzysztof	
Biogaz jako niskoemisyjne, alternatywne źródło energii – badania wielkości komórki detonacji mieszanin biogaz–tlen.....	70
Klugmann-Radziemska Ewa	
Spadek sprawności modułu fotowoltaicznego w skutek wzrostu temperatury ogniw oraz osadzania się zanieczyszczeń na powierzchni pokrycia przedniego modułu fotowoltaicznego.....	71
Kobyłecki Rafał, Zarzycki Robert, Damasiewicz Mariusz	
The control of erosion in CFB loop by adjustment of solids.....	72
Kolasiński Piotr	
Zagadnienia doboru czynnika roboczego i rozprężarki do układów organic Rankine cycle.....	73
Kosman Wojciech	
Bezpieczeństwo procesu dostarczania paliwa w stacjach ładowania wodorem.....	74
Koulali Aimad, Ziółkowski Paweł, Radomski Piotr, De Sio Luciano, Zieliński Jacek, Mikieliewicz Dariusz	
Single-phase CFD approach for investigating bacterial inactivation and heat transfer in a microchamber.....	75
Lepszy Sebastian, Rulik Sebastian, Jędrzejewski Julian	
Uproszczony model matematyczny z określeniem zakresów warunków brzegowych parametrów ogniwa paliwowego.....	76
Maciejewska Beata, Piasecka Magdalena	
Wyznaczanie współczynnika przejmowania ciepła podczas przepływu płynu HFE-7200 przez układ minikanalów poziomych z wykorzystaniem funkcji Trefftza.....	77
Madejski Paweł, Karch Michał	
Wykorzystanie metod optycznych w badaniach zjawisk przepływowych w strumienicy dwufazowej.....	78
Madejski Paweł, Subramanian Navaneethan, Banaś Marian, Różycki Sławomir, Turlej Tymoteusz	
Koncepcja układu energetycznego o ujemnej emisji CO ₂ integrującego elektrociepłownię gazowo-parową z instalacją zgazowania biomasy i instalacją wychwytu CO ₂	79
Magdziarz Aneta, Koziński Janusz, Mlonka-Mędrala Agata, Jerzak Wojciech	
Analiza energetycznego i materiałowego potencjału biowęgla otrzymanych w procesie pirolizy biomasy odpadowej.....	80
Matysko Robert	
NH ₃ -H ₂ O absorption refrigeration systems.....	81
Nowak Wojciech, Gładysz Paweł	
Technologie wychwytu, transportu i składowania dwutlenku węgla – potencjał w Polsce.....	82
Ochmann Jakub, Łukowicz Henryk, Bartela Łukasz	
Analiza wpływu parametrów pracy zespołu turbiny parowej determinowanych przez warunki lokalizacyjne na jej charakterystyki pracy.....	83

Ostrowski Ziemowit, Melka Bartłomiej, Adamczyk Wojciech P., Gracka Maria, Rojczyk Marek, Psiuk-Maksymowicz Krzysztof, Borys Damian, Wasilewski Jarosław, Głowacki Jan, Białecki Ryszard	
Modelowanie przepływu krwi w tętnicach wieńcowych z uwzględnieniem dynamicznych zmian geometrii naczyń na podstawie segmentacji obrazów TK 4D	84
Panowski Marcin	
Zastosowanie OZE do zabezpieczenia produkcji kiełków warzywnych o podwyższonych parametrach jakościowych, doświetlanych światłem LED	85
Pawińska Anna, Grabowski Mirosław, Hożejowska Sylwia, Poniewski Mieczysław E.	
Metoda Trefftza w wymianie ciepła przy wrzeniu w przepływie przez prostokątny minikanal	86
Pawlak-Kruczek Halina, Vishwajeet, Kowal Mateusz, Czerep Michał, Krochmalny Krystian, Ostrycharczyk Michał, Baranowski Marcin, Tkaczuk Monika, Niedźwiecki Łukasz, Arora Amit	
Influence of HTC on dewatering of sewage sludge	87
Piasecka Magdalena, Strąk Kinga	
Badania wymiany ciepła przy wrzeniu podczas przepływu płynu FC-770 przez zespół minikanatów o różnej orientacji przestrzennej	88
Piątkowski Piotr	
Analiza i badania efektywności ruchu samochodu bateryjno-elektrycznego oraz zasilanego wodorem w odniesieniu do rzeczywistych warunków ruchu	89
Pysz Michał, Rulliere Romuald, Revellin Rémi, Mikielewicz Dariusz	
Badania eksperymentalne i analiza struktur przepływu przy wrzeniu w przepływie czynnika R1234ze w warunkach podwyższonego ciśnienia zredukowanego	90
Radomski Piotr, Ziółkowski Paweł, De Sio Luciano, Mikielewicz Dariusz	
Heat transfer in a metallic-nanoparticles-contained system using the discrete-ordinates and thin-film-adjusted models	91
Rafałko Gabriela, Mosdorf Romuald, Grzybowski Hubert, Dzień Paweł, Górski Grzegorz	
Zastosowanie entropii wieloskalowej w badaniach złożoności przepływów dwufazowych	92
Rojczyk Marek, Sinek Aleksander, Adamczyk Wojciech P., Janas Adam, Łukasik Karolina, Buszman Piotr	
Badania aortalnej biologicznej zastawki serca	93
Roszko Aleksandra, Fornalik-Wajs Elżbieta	
Proposal of the Nusselt number correlation to predict thermal effect of Ag and CuO nanofluids thermo-magnetic convection	94
Rutczyk Bartłomiej, Szczygieł Ireneusz, Buliński Zbigniew	
Experimental investigation of internal heat transfer in Stirling engine heat exchangers	95
Ryfa Arkadiusz, Ostrowski Ziemowit, Stadek Sławomir, Melka Bartłomiej, Klimanek Adam, Czarnowska Lucyna, Widuch Agata, Nowak Andrzej J., Morkisz Paweł, Myöhänen Kari, Ritvanen Jouni, Kettunen Ari, Klajny Marcin, Budnik Michał, Adamczyk Wojciech P.	
Cyfrowy bliźniak kotła CFB bloku energetycznego Elektrowni Łagisza oraz jego model zredukowany w predykcji i preskrypcyjnym modułowym systemie sterowania pracą bloku	96
Sachajdak Andrzej, Adamczyk Wojciech P., Przybyła Grzegorz	
Analiza techniczno-ekonomiczna produkcji zielonego amoniaku w procesie skojarzonym z układem CHP z wykorzystaniem silnika CI	97
Sekret Robert, Barnat Ewelina	
Chłodzenie powietrza w strefie zewnętrznej przebywania człowieka – studium przypadku	98
Semkło Łukasz	
Wodorowa instalacja paliwowa z uwzględnieniem aktów prawnych dla miniaturowego silnika turbodoładowanego	99
Sobek Szymon, Sajdak Marcin, Muzyka Roksana, Mumtaz Hamza, Werle Sebastian	
Badania eksperymentalne oksydacyjnego upłyniania odpadowych tworzyw sztucznych	100
Stąsiek Jan	
LCT wspierane przez PIV i DII jako nowoczesne i unikatowe narzędzie do badań i diagnostyki naukowo-technicznej i biomedycznej	101
Stebel Michał, Chrobak Jakub, Melka Bartłomiej, Piechnik Edyta, Palacz Michał, Haida Michał, Wójcik Dariusz, Surma Maciej, Bodys Jakub, Tolstobrov Ignat, Nowak Andrzej J., Smolka Jacek	
Numerical and experimental study on domestic-scale freeze-dryer for foods equipped with natural refrigeration and microwave heating systems	102
Szaflik Władysław	
Wpływ parametrów ściany z barierą termiczną na sprawność bariery	103

Szczygieł Ireneusz, Buliński Zbigniew, Rutczyk Bartłomiej	
Zastosowanie odwróconego obiegu Braytona do wykorzystania kriogenicznej egzergii skroplonego gazu ziemnego LNG.....	104
Szymborski Jakub, Kardaś Dariusz	
Modelowanie układu zbiornika i wtryskiwacza wrzącego podtlenu azotu jako elementów silnika raketowego	105
Trojan Marcin, Dzierwa Piotr, Taler Jan, Taler Dawid, Kaczmarski Karol, Granda Mariusz	
Układ do odzyskiwania, magazynowania i wykorzystania ciepła odpadowego z wybijanej masy formierskiej	106
Tychanicz-Kwiecień Maria, Rybiński Witold	
Badania eksperymentalne i analiza statystyczna minikanalowych wymienników ciepła z przepływami o małej liczbie Reynoldsa.....	107
Wajs Jan, Boroń Paulina, Abucewicz Krzysztof	
Analiza eksperymentalna intensyfikacji transportu ciepła w płaszczowo-rurowym wymienniku ciepła z techniką strugową	108
Wajs Jan, Mrózek Michał, Węglewska Emilia, Laszkowski Tomasz, Jasiukiewicz Piotr, Strzygocki Kacper	
Układ chłodniczy małej mocy z dwutlenkiem węgla dla zastosowań okrętowych.....	109
Wantuła Michał, Kardaś Dariusz	
Redukcja emisji kotła biomasowego przy zastosowaniu filtrów ceramicznych.....	110
Wardach-Święcicka Izabela, Kardaś Dariusz	
Modelowanie komory spalania hybrydowego silnika raketowego.....	111
Wasik Michał, Łapka Piotr, Galiński Rafał	
Numerical investigation of temporal variation of ground temperature and coefficient of performance of ground source heat pump with a vertical heat exchanger in a condition of ground regeneration by solar thermal collectors.....	112
Wendolowicz Mateusz, Mikos-Nuszkiewicz Natalia, Cieślakiewicz Łukasz, Łapka Piotr	
Badanie właściwości biokompozytowych materiałów budowlanych z materiałem zmiennofazowym.....	113
Werle Sebastian, Zaik Karolina	
Analiza eksperymentalna procesu produkcji wodoru z elektrolizy wody wykorzystującej odnawialne źródła energii	114
Wilk Joanna, Gałek Rafał	
Badania ciepła właściwego materiałów niejednorodnych.....	115
Wiśniewski Sławomir, Kujawa Tomasz	
Wstępna analiza pracy elektrociepłowni z obiegiem ORC współpracującym z wymiennikiem typu Field	116
Witanowski Łukasz	
Kompleksowa analiza turbosprężarkowego układu generacji chłodu z niskotemperaturowego ciepła odpadowego	117
Zahadat Pouya, Milewski Jarosław	
Modelowanie zachowania ceramicznego elektrolizera za pomocą sztucznej sieci neuronowej.....	118
Zarzycki Robert, Wiński Mateusz, Kobylecki Rafał	
Stoker boiler fired with biomass – some remarks on in-furnace hydrodynamics, grid operation and emission.....	119
Zima Wiesław, Grądział Sławomir, Cebula Artur, Rerak Monika, Kozak-Jagiela Ewa, Pawłowski Adam, Blom Richard, Nord Lars O., Skjervold Vidar T.	
Wychwytywanie CO ₂ ze spalin w zmiennotemperaturowym ruchomym złożu.....	120
Ziółkowski Paweł, Zieliński Jacek, Radomski Piotr, De Sio Luciano, Petronella Francesca, Zaccagnini Federica, Mikielwicz Dariusz	
Selected aspects of thermodynamics in cancer therapy	121
Zwarycz-Makles Katarzyna, Majorkowska-Mech Dorota	
Wpływ izotermii adsorpcji na temperaturę i stężenie w modelu numerycznym złoża adsorbenta.....	122
Abstrakty referatów w sesji posterowej doktoranckiej	123
Andrzejczyk Rafał, Rogowski Michał	
Badania teoretyczne i eksperymentalne topnienia oleju kokosowego z zastosowaniem metodologii pomiaru zmiany zawartości fazy opartej na analizie obrazu	125
Andrzejczyk Rafał, Saqib Muhammad	
Modelowanie analityczne frontu międzyfazowego w warunkach krzepnięcia materiału zmiennofazowego RT18HC z wykorzystaniem algorytmów uczenia maszynowego.....	126

Chmielarczyk Kamil, Młynarczyk Przemysław	
Innowacyjna metoda tłumienia pulsacji ciśnienia i drgań w instalacji sprężarek wyporowych	127
Dadas Norbert, Pastuszko Robert, Kaniowski Robert	
Wizualizacja pęcherzy podczas wrzenia na powierzchni z minikanalami wypełnionymi częściowo pianą miedzianą	128
Dietrich Fabian, Cieślakiewicz Łukasz, Łapka Piotr	
Eksperymentalne badanie potencjału stężonych roztworów NaCl do wykorzystania w procesie ciśnieniowo powstrzymywanej osmozy	129
Duda Piotr, Konieczny Mariusz	
Identyfikacja stanu cieplno-wytrzymałościowego w elemencie ciśnieniowym o złożonej geometrii	130
Głuch Stanisław, Mikielwicz Dariusz	
Modelowanie wymiany ciepła podczas kondensacji w przepływie w warunkach podwyższonego ciśnienia nasycenia do zastosowania w wysokotemperaturowych pompach ciepła	131
Gurgul Sebastian, Fornalik-Wajs Elżbieta	
Numerical benchmark-like analysis of round impinging jet – summary	132
Jakończuk Paweł, Śmierciew Kamil	
Analiza spadku temperatury nośnika ciepła w układach chłodniczych zasilanych energią cieplną	133
Kaczmarek Dominika, Hałon Tomasz, Zajączkowski Bartosz	
Numerical investigation of pool boiling on flat surface in atmospheric and subatmospheric pressure	134
Khaja Moizuddin S., Mikielwicz Dariusz	
Advancing heat exchanger design with AI-enabled optimization in additive manufacturing: a holistic framework	135
Kuczyński Waldemar, Borowska Anna	
Analiza egzergetyczna hybrydowych układów wykorzystujących systemy fotowoltaiczne i pompy ciepła	136
Kuczyński Waldemar, Chliszcz Katarzyna	
Badanie procesu skraplania izomerów R1234 w kompaktowych wymiennikach ciepła wytworzonych metodą wydruku 3D z proszków metali	137
Kuś Tomasz, Madejski Paweł	
Numeryczne badania procesów cieplno-przepływowych w skraplaczu strumieniowym dla wybranych parametrów geometrycznych	138
Kwapisz Elżbieta, Fornalik-Wajs Elżbieta	
Numerical analysis of energy transfer in the human eye as a result of electro-magnetic radiation exposure	139
Mikos-Nuszkiewicz Natalia, Furmański Piotr	
Numerical modelling of the low-temperature thermochemical energy storage reactor using salt hydrates – analysis of the charging and discharging processes	140
Mrózek Michał, Wajs Jan	
Modułowy, hybrydowy węzeł cieplny	141
Nowakowska Aleksandra, Ziegler Bartosz	
Porównanie strat ciśnienia przy zastosowaniu parametrów płynu newtonowskiego i nienewtonowskiego w przepływie przez kanał okrągły	142
Ochmann Jakub, Bartela Łukasz	
Eksperymentalno-numeryczna analiza cyklu pracy systemu magazynowania ciepła w złożu skalnym	143
Pawłowski Mateusz, Gagan Jerzy	
Analiza pracy pośredniego propanowego układu chłodniczego wyposażonego w pętlę cyrkulacyjną z dwutlenkiem węgla	144
Pleskacz Łukasz, Fornalik-Wajs Elżbieta	
On the Nusselt number correlation for weakly-magnetic fluids in the strong magnetic field: a numerical study	145
Popielak Paulina, Majchrzak-Kucęba Izabela, Wawrzyńczak Dariusz	
Analysis of the molten core cooling model in the LOCA-type accidents	146
Pysz Michał, Mikielwicz Dariusz	
Wpływ ciśnienia zredukowanego na wrzenie w przepływie niskowrzącego czynnika roboczego R1233zd(E)	147
Radomski Piotr, Ziółkowski Paweł, Mikielwicz Dariusz	
Analysis of heat transfer processes in the germicidal chamber subjected to light illumination	148
Stasiak Kamil, Ziółkowski Paweł, Mikielwicz Dariusz	
Generowanie składów zgazowywanych osadów ściekowych metodą Monte Carlo dla elektrowni z oksypalaniem	149

Subramanian Navaneethan, Madejski Paweł	
Analysis of CO ₂ capture in large-scale CCGT power plant using flue gases from fuel mixtures.....	150
Suchocki Tomasz, Lampart Piotr	
Zastosowanie olejów pirolitycznych w turbinach gazowych: analiza charakterystyk pracy i emisji.....	151
Wajs Jan, Łukasik Jakub	
Ocena wpływu zastosowania techniki strugowej na wydajność energetyczną modułów BIPV/T chłodzonych powietrzem.....	152
Indeks autorów.....	153

Komitet naukowy

prof. dr hab. inż. Krzysztof Badyda	– Politechnika Warszawska
prof. dr hab. inż. Jerzy Banaszek	– Politechnika Warszawska
prof. dr hab. inż. Ryszard Białecki, czł. koresp. PAN	– Politechnika Śląska
prof. dr hab. inż. Tadeusz Bohdal	– Politechnika Koszalińska
prof. dr hab. inż. Dariusz Butrymowicz	– Politechnika Białostocka
prof. dr hab. inż. Tadeusz Chmielniak, czł. rzecz. PAN	– Politechnika Śląska
prof. dr hab. inż. Dorota Chwieduk	– Politechnika Warszawska
prof. dr hab. inż. Janusz T. Cieśliński	– Politechnika Gdańska
prof. dr hab. inż. Piotr Furmański	– Politechnika Warszawska
prof. dr hab. inż. Zbigniew Gnutek	– Politechnika Wrocławska
prof. dr hab. inż. Janusz Kotowicz	– Politechnika Śląska
prof. dr hab. inż. Waldemar Kuczyński	– Politechnika Koszalińska
prof. dr hab. inż. Janusz Lewandowski	– Politechnika Warszawska
dr hab. Aneta Magdziarz, prof. AGH	– Akademia Górniczo-Hutnicza
prof. dr hab. inż. Dariusz Mikielawicz, czł. koresp. PAN	– Politechnika Gdańska
prof. dr hab. inż. Jarosław Mikielawicz, czł. rzecz. PAN	– Instytut Maszyn Przepływowych PAN
prof. dr hab. inż. Andrzej J. Nowak	– Politechnika Śląska
prof. dr hab. inż. Wojciech Nowak	– Akademia Górniczo-Hutnicza
prof. dr hab. inż. Andrzej J. Panas	– Wojskowa Akademia Techniczna
prof. dr hab. inż. Magdalena Piasecka	– Politechnika Świętokrzyska,
prof. dr hab. inż. Mieczysław E. Poniewski	– Politechnika Warszawska, Filia w Płocku
prof. dr hab. inż. Andrzej Rusin	– Politechnika Śląska
dr hab. inż. Małgorzata Sikora, prof. PK	– Politechnika Koszalińska
prof. dr hab. inż. Aleksander Stachel	– Akademia im. Jakuba z Paradyża w Gorzowie Wielkopolskim
prof. dr hab. inż. Wojciech Stanek	– Politechnika Śląska
prof. dr hab. inż. Andrzej Szlęk	– Politechnika Śląska
prof. dr hab. inż. Janusz S. Szmyd	– Akademia Górniczo-Hutnicza
prof. dr hab. inż. Dawid Taler	– Politechnika Krakowska
prof. dr hab. inż. Jan Taler, czł. koresp. PAN	– Politechnika Krakowska
prof. dr hab. inż. Andrzej Teodorczyk	– Politechnika Warszawska
prof. dr hab. inż. Janusz Terpiłowski	– Wojskowa Akademia Techniczna
dr hab. inż. Jan Wajs, prof. PG	– Politechnika Gdańska
prof. dr hab. inż. Bohdan Węglowski	– Politechnika Krakowska
dr hab. inż. Joanna Wilk, prof. PRz	– Politechnika Rzeszowska
dr hab. inż. Zbigniew Zapałowicz, prof. ZUT	– Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny

Komitet programowy

- dr hab. inż. Rafał Andrzejczyk, prof. PG
prof. dr hab. inż. Janusz Badur
dr hab. inż. Jacek Barański, prof. PG
dr hab. inż. Łukasz Bartela, prof. PŚ
dr hab. inż. Artur Błaszczuk, prof. PCz
dr hab. inż. Wojciech Bujalski, prof. PW
prof. dr hab. inż. Maciej Chorowski
prof. dr hab. inż. Piotr Cyklis
Ireneusz Ćwirko
prof. dr hab. inż. Piotr Doerffer
prof. dr hab. inż. Piotr Duda
prof. dr hab. inż. Sławomir Dykas
prof. dr hab. inż. Roman Domański
dr hab. inż. Krzysztof Dutkowski, prof. PK
prof. dr hab. inż. Jacek Elias
dr hab. inż. Elżbieta Fornalik-Wajs, prof. AGH
prof. dr hab. inż. Andrzej Frąckowiak
dr hab. inż. Jerzy Głuch, prof. PG
dr hab. inż. Sylwia Hożejowska, prof. PŚk
prof. dr hab. inż. Krzysztof Józwik
prof. dr hab. inż. Waldemar Kamrat
prof. dr hab. inż. Dariusz Kardaś
prof. dr hab. inż. Ewa Klugmann-Radziemska
dr hab. inż. Jacek Kalina, prof. PŚ
dr hab. inż. Agnieszka Kijo-Kleczkowska, prof. PCz
dr hab. inż. Rafał Kobyłecki, prof. PCz
prof. dr hab. inż. Piotr Kolański
dr hab. inż. Wojciech Kosman, prof. PŚ
prof. dr hab. inż. Krzysztof Kosowski
Bartosz Krawsz
dr hab. inż. Jacek Kropiwnicki, prof. PG
prof. dr hab. inż. Zbigniew Królicki
Krzysztof Kulczycki
dr hab. inż. Marcin Lackowski, prof. IMP PAN
dr hab. inż. Piotr Lampart, prof. IMP PAN
dr inż. Marcin Lemański
Marcin Lewandowski
dr hab. inż. Beata Maciejewska, prof. PŚk
dr hab. inż. Paweł Madejski, prof. AGH
prof. dr hab. inż. Izabela Majchrzak-Kucęba
dr hab. inż. Łukasz Mika, prof. AGH
prof. dr hab. inż. Jarosław Milewski
prof. dr hab. inż. Romuald Mosdorf
prof. dr hab. inż. Beata Niezgoda-Żelasko
Daniel Obajtek
prof. dr hab. inż. Paweł Ochoń
dr hab. inż. Robert Pastuszko, prof. PŚk
prof. dr hab. inż. Halina Pawlak-Kruczek
dr hab. inż. Sławomir Pietrowicz, prof. PWr
dr hab. inż. Piotr Piątkowski, prof. PK
- Politechnika Gdańska
 - Instytut Maszyn Przepływowych PAN
 - Politechnika Gdańska
 - Politechnika Śląska
 - Politechnika Częstochowska
 - Politechnika Warszawska
 - Politechnika Wrocławska
 - Politechnika Krakowska
 - Prezes CRIST SA
 - Politechnika Gdańska
 - Politechnika Krakowska
 - Politechnika Śląska
 - Instytut Lotnictwa, Sieć Badawcza Łukasiewicz
 - Politechnika Koszalińska
 - Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny
 - Akademia Górniczo-Hutnicza
 - Politechnika Poznańska
 - Politechnika Gdańska
 - Politechnika Świętokrzyska
 - Politechnika Łódzka
 - Politechnika Gdańska
 - Instytut Maszyn Przepływowych PAN
 - Politechnika Gdańska
 - Politechnika Śląska
 - Politechnika Częstochowska
 - Politechnika Częstochowska
 - Politechnika Wrocławska
 - Politechnika Śląska
 - Politechnika Gdańska
 - Biuro Targów Bałtyk
 - Politechnika Gdańska
 - Politechnika Wrocławska
 - Prezes CRIST SA
 - Instytut Maszyn Przepływowych PAN
 - Instytut Maszyn Przepływowych PAN
 - Anwil SA
 - Prezes Zarządu GPEC SA
 - Politechnika Świętokrzyska
 - Akademia Górniczo-Hutnicza
 - Politechnika Częstochowska
 - Akademia Górniczo-Hutnicza
 - Politechnika Warszawska
 - Politechnika Białostocka
 - Politechnika Krakowska
 - Prezes Zarządu PKN ORLEN
 - Politechnika Krakowska
 - Politechnika Świętokrzyska
 - Politechnika Wrocławska
 - Politechnika Wrocławska
 - Politechnika Wrocławska
 - Politechnika Koszalińska

dr hab. inż. Marian Piwowarski, prof. PG
prof. dr hab. inż. Jacek Pozorski
dr hab. inż. Grzegorz Przybyła, prof. PŚ
prof. dr hab. inż. Robert Sekret
dr hab. inż. Robert Smusz, prof. PRz
prof. dr hab. inż. Marcin Szega
prof. dr hab. inż. Jacek Smółka
prof. dr hab. inż. Ireneusz Szczygieł
dr hab. inż. Piotr Szulc, prof. PWR
dr hab. inż. Kamil Śmierciew, prof. PB
prof. dr hab. inż. Konrad Świrski
prof. dr hab. inż. Krzysztof Tesch
prof. dr hab. inż. Artur Tyliczszak
prof. dr hab. inż. Sebastian Werle
prof. dr hab. inż. Tomasz S. Wiśniewski
Bogusław Witkowski
dr hab. inż. Agnieszka Wróblewska, prof. PP
dr hab. inż. Bartosz Zajączkowski, prof. PWR
prof. dr hab. inż. Wiesław Zima

– Politechnika Gdańska
– Instytut Maszyn Przepływowych PAN
– Politechnika Śląska
– Politechnika Częstochowska
– Politechnika Rzeszowska
– Politechnika Śląska
– Politechnika Śląska
– Politechnika Śląska
– Politechnika Wrocławska
– Politechnika Białostocka
– Politechnika Warszawska
– Politechnika Gdańska
– Politechnika Częstochowska
– Politechnika Śląska
– Politechnika Warszawska
– Prezes VBW Engineering Sp. z o.o.
– Politechnika Poznańska
– Politechnika Wrocławska
– Politechnika Krakowska

Komitet organizacyjny

Przewodniczący

prof. dr hab. inż. Dariusz Mikielwicz, czł. koresp. PAN

Wiceprzewodniczący

prof. dr hab. inż. Janusz T. Cieśliński
dr hab. inż. Jan Wajs, prof. PG

Członkowie

dr hab. inż. Michał Klugmann, prof. PG
dr inż. Paweł Dąbrowski
dr inż. Marcin Jewartowski – sekretarz
mgr inż. Karolina Samociuk – sekretariat
mgr inż. Jakub Łukasik
mgr inż. Michał Mrózek
mgr inż. Michał Pysz
mgr inż. Piotr Radomski
mgr inż. Kamil Stasiak
inż. Wojciech Połubok

Słowo wstępne

Szanowni Państwo,

w imieniu Komitetu Organizacyjnego witam Państwa we wspólnym ośrodku konferencyjnym Orle na Wyspie Sobieszewskiej, gdzie odbywa się XXV Jubileuszowy Zjazd Termodynamików, poświęcony postępom w modelowaniu szeroko pojętych zagadnień termodynamicznych oraz wdrożeniom. Z uwagą będziemy się przyglądać pracom dotyczącym nowoczesnych metod matematyczno-fizycznych oraz obliczeń czy metod i narzędzi pomiarowych. Osiągnięcia polskich ośrodków zostaną skonfrontowane z wiedzą światową wynikającą z krajowej i międzynarodowej współpracy naszych badaczy. W spektrum zainteresowania naukowego Zjazdu znajdują się przede wszystkim te prace, które mogą się przyczynić do wypełnienia strategii energetycznej kraju oraz zrównoważonego rozwoju ludzkości na świecie. Uwaga zostanie poświęcona także tematyce nauczania termodynamiki w nowoczesnym ujęciu.

Udział w tegorocznym spotkaniu potwierdziło ponad 150 osób, wliczając uczestników z zagranicy. Spośród nadesłanych propozycji wystąpień konferencyjnych do prezentacji plenarnych wybraliśmy 22 referaty, które naszym zdaniem wskażą aktualne kierunki badań na świecie w wybranych obszarach, co może zachęcić innych do zaangażowania się w podobne prace. Pozostałe referaty zostaną przedstawione w ramach sesji posterowych, w tym sesji doktoranckiej. Niewątpliwie więc Zjazd ma istotne znaczenie dla środowiska naukowców prowadzących działalność w dziedzinie szeroko pojętej termodynamiki i zainteresowanych udziałem w debatach na temat jej nowych aspektów. Choć spotkania konferencyjne nie są szczególnie premiowane przez istniejące systemy ewaluacji działalności naukowej, to moim zdaniem nic nie jest w stanie zastąpić ożywionych dyskusji, wymiany poglądów i osobistych kontaktów, które są możliwe tylko podczas tego typu spotkań.

Dziękuję Państwu za przybycie i uczestnictwo, a także za wysiłek włożony w przygotowanie i przedstawienie prezentacji. Życzę owocnych obrad, satysfakcjonującego pobytu nad Bałtykiem, pięknej pogody oraz wielu miłych wspomnień i wrażeń.

Z wyrazami szacunku

Przewodniczący Komitetu organizacyjnego
prof. dr hab. inż. Dariusz Mikielewicz
czł. koresp. PAN

Abstrakty referatów plenarnych

Postępy w chłodnictwie i technice niskich temperatur

Dariusz Butrymowicz

Politechnika Białostocka, Wydział Mechaniczny, ul. Wiejska 45C, 15-351 Białystok

e-mail: d.butrymowicz@pb.edu.pl

Słowa kluczowe: chłodnictwo, kriotechnika, termodynamika, wymiana ciepła, energetyka cieplna

Zadanie układów chłodniczych polega na uzyskaniu i utrzymaniu temperatury określonego ośrodka niższej od temperatury otoczenia. Za domenę techniki niskich temperatur uznaje się technologie uzyskiwania temperatur ochładzanego ośrodka niższych od -150°C . Realizacja tych celów technologicznych może się odbywać z zastosowaniem różnych rozwiązań technicznych, wykorzystujących różne zjawiska fizyczne. W zasadniczej jednak części aktualnych rozwiązań technicznych zastosowanie mają wciąż konwencjonalne technologie oparte na rozwiązaniach sprężarkowych obiegów chłodniczych bądź kriogenicznych, które rozwinięto w XX wieku.

Aktualne wyzwania rozwojowe dla tej dziedziny techniki wynikają nie tylko z samej potrzeby rozwoju technicznego i wykorzystywania nowych idei, lecz w znacznej mierze są uwarunkowane restrykcyjnymi regulacjami prawnymi przyjmowanymi w skali międzynarodowej, które dotyczą zwłaszcza obszaru ochrony środowiska w związku z zastosowaniem substancji roboczych w układach chłodniczych bądź kriotechnicznych, a także coraz ostrzejszymi wymaganiami w zakresie efektywności energetycznej oraz wykorzystywania do napędu tych układów proekologicznych źródeł energii. Sprawia to, że ta dziedzina techniki staje się coraz bardziej związana z obszarem właściwym energetyce ciepłej. Na wskazane impulsy rozwojowe nakłada się, rzecz jasna, chęć opracowywania coraz doskonalszych rozwiązań technicznych oraz zastosowania alternatywnych rozwiązań układów – właściwa każdemu obszarowi działalności w technice.

Wskazane powyżej ogólne uwarunkowania rozwojowe koncentrują się przede wszystkim wokół następujących zagadnień:

- zastosowanie bezpiecznych dla środowiska substancji roboczych przy osiągnięciu jak najwyższej efektywności energetycznej oraz bezpieczeństwa eksploatacyjnego;
- poprawa efektywności energetycznej oraz minimalizacja napełniania układów substancjami roboczymi poprzez intensyfikację wymiany ciepła;
- poprawa efektywności energetycznej oraz minimalizacja napełniania układów substancjami roboczymi poprzez opracowanie nowych konfiguracji układów sprężarkowych;
- opracowanie nowych rozwiązań maszyn stosowanych w układach chłodniczych – głównie sprężarek oraz ich napędu, a także technologii sterowania pracą tych urządzeń;
- rozwój układów o napędzie cieplnym (sorpcyjnych, strumienicowych) – wykorzystujących ciepło niskotemperaturowe, w tym ciepło odpadowe, ciepło systemowe produkowane w układach kogeneracyjnych bądź z odnawialnych źródeł energii; z tym obszarem związany jest rozwój układów poligeneracyjnych;
- rozwój alternatywnych technologii w odniesieniu do układów sprężarkowych bądź klasycznych układów o napędzie cieplnym, w tym układów termoakustycznych, elektrokalorycznych, magnetokalorycznych; z tym obszarem rozwojowym związane są również zagadnienia aplikacji nowych materiałów w technice chłodniczej i kriotechnice;
- rozwój projakościowych i efektywnych technologicznie zastosowań chłodnictwa oraz kriotechniki.

Ogólna charakterystyka zagadnień początkowo-brzegowych w teorii ogniw paliwowych i elektrolizerów

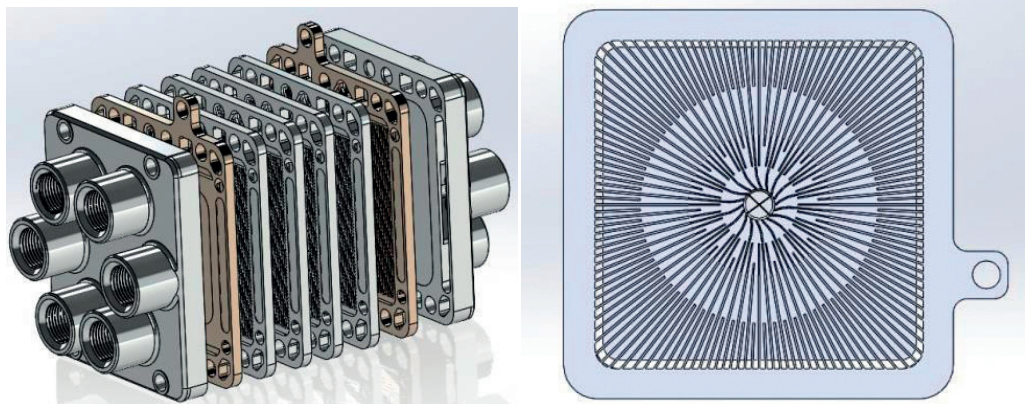
Tadeusz Chmielniak, Leszek Remiorz

Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, ul. S. Konarskiego 18, 44-100 Gliwice

e-mail: tadeusz.chmielniak@polsl.pl; leszek.remiorz@polsl.pl

Słowa kluczowe: ogniwa paliwowe, elektrolizery, modelowanie charakterystyk

W artykule przedstawiono wybrane zagadnienia modelowania dla średnitemperaturowych ogniw paliwowych (OP) i elektrolizerów (EL) typu: PM (z membraną jonowymienną) oraz wysokotemperaturowych OP i EL (tlenkowych z membraną ceramiczną). W grupie OP są to ogniwa podstawowe, gdyż ogniwa typu alkalicznego, węglanowego oraz OP z kwasem fosforowym jako elektrolitem są obecnie mniej rozpowszechnione. Ogniwa biologiczne wymagają nieco innego podejścia metodycznego do analizy. W grupie elektrolizerów oprócz EL PM i tlenkowych istotne znaczenie mają także elektrolizery alkaliczne. Ich modelowanie opiera się głównie na danych eksperymentalnych. W ogólnym przypadku model tworzą równania zachowania substancji, pędu, energii, ładunku, a także kinetyki reakcji elektrochemicznych. W przypadku wysokotemperaturowych OP i EL ważną rolę odgrywa określenie wpływu procesów szybkiej zmiany obciążenia na stan naprężeń i trwałość poszczególnych modułów i elementów konstrukcyjnych. Ze względu na złożoność zjawisk występujących w poszczególnych rodzajach OP i EL (przepływy wielofazowe i wieloskładnikowe, w tym w strukturach porowatych i warstwach katalitycznych, i inne) stosowane są różne podejścia metodyczne do rozwiązywania zagadnień początkowo-brzegowych. Istotnym utrudnieniem jest także złożona geometria (zwłaszcza płyt bipolarnych). Na rys. 1 w formie przykładu pokazano jedną z możliwych geometrii ogniwa typu PM (model wykonany w Katedrze Maszyn i Urządzeń Energetycznych Politechniki Śląskiej).



Rys. 1. Model ogniwa PM wykonany w Katedrze Maszyn i Urządzeń Energetycznych Politechniki Śląskiej

Rodzaj i struktura stosowanych modeli zależą od pożądanego zakresu informacji o pracy OP i EL w różnych układach energetycznych i innych rodzajach zastosowań. W artykule omówiono problematykę odpowiedniości zakresu modelowania do różnych zastosowań oraz wskazano podstawowe zagadnienia wymagające dalszych analiz i badań.

Procesy sorpcyjne w obiegach lewobieżnych – problemy i możliwości

Piotr Cyklis

Politechnika Krakowska, Wydział Mechaniczny, ul. Jana Pawła II 37, 31-864 Kraków

e-mail: piotr.cyklis@pk.edu.pl

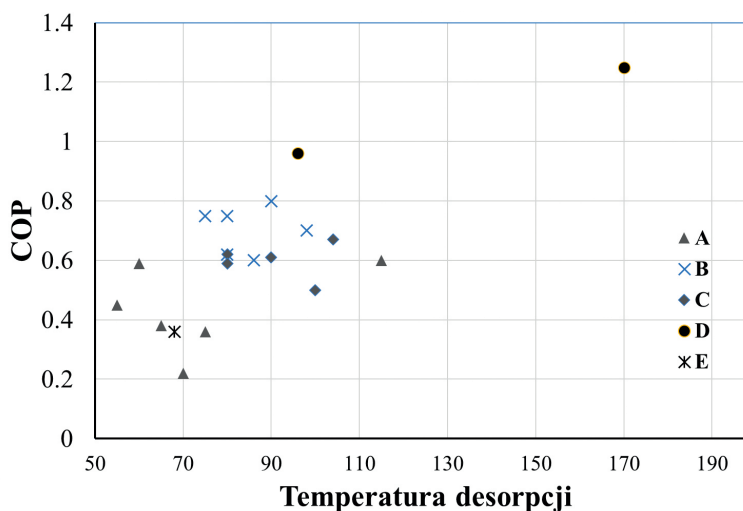
Słowa kluczowe: sorpcyjne obiegi chłodnicze

Zastosowanie procesów absorpcji i adsorpcji do obiegów chłodniczych jest znane od wynalazku lodówki adsorpcyjnej przez Michaela Faradaya w 1821 roku oraz lodówki absorpcyjnej przez Ferdinanda Carrégo w roku 1859. Dwie przyczyny spowodowały aktualnie zdecydowany wzrost zainteresowania obiegami sorpcyjnymi: wykorzystanie ciepła niskotemperaturowego z energii odpadowej i OZE oraz problemy z syntetycznymi czynnikami chłodniczymi wynikające z ODP i GWP. Dlatego zastosowanie procesów sorpcyjnych w chłodnictwie i klimatyzacji jest od początku wieku silnie rozwijane, a postęp ten znajduje swój wyraz w mnogości publikacji w liczących się czasopismach naukowych z dziedzin konstrukcyjnych, wymiany ciepła i chemii.

Pierwsza grupa prac dotyczy konstrukcji i eksploatacji urządzeń, w tym również układów hybrydowych łączących zalety obiegów sprężarkowych i sorpcyjnych, co umożliwia stosowanie CO₂ w sprężarkowych obiegach podkrytycznych jako dolnego stopnia kaskady.

Druga grupa publikacji dotyczy budowy złóż adsorpcyjnych, choć w tym zakresie zwykle rozwiązania są raczej patentowane niż prezentowane w publikacjach. Niemniej jednak pomocne są modele 3D procesów adsorpcyjnych pozwalające na optymalizację złoża. Głównym problemem w tym zakresie jest zwiększanie powierzchni wymiany ciepła ze względu na słabą przewodność cieplną sorbentu.

Trzecia grupa prac dotyczy doboru par sorpcyjnych współpracujących umożliwiających uzyskanie wyższego COP i gęstości energii niż tradycyjne, oparte na H₂O, LiBr czy NH₃. Zakresy działania par i obiegów sorpcyjnych pokazano na rys. 1.



Rys. 1. Współczynnik COP dla wybranych technologii sorpcyjnych. A – adsorpcja; B – absorpcja LiBr-H₂O; C – absorpcja H₂O-NH₃; D – absorpcja dwuefektowa LiBr-H₂O; F – absorpcja półefektowa LiBr-H₂O

Modularne reaktory jądrowe – stan wiedzy i perspektywy

Roman Domański

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa, al. Krakowska 110/114, 02-256 Warszawa

e-mail: Roman.Domański@ilot.lukasiewicz.gov.pl

Słowa kluczowe: reaktor jądrowy, paliwo, moderator, modułarny, cykl paliwowy

W referacie w odniesieniu do najnowszej literatury przedstawiono prognozy zapotrzebowania na energię pierwotną i jej aktualne zużycie. Omówiono zasoby paliw kopalnych, w tym jądrowych, oraz gęstości energii dostępnych w paliwach naturalnych, sztucznych i nośnikach energii.

Przedstawiono aktualny stan energetyki jądrowej, typy reaktorów, stosowane paliwa, bariery bezpieczeństwa. Na tym tle zaprezentowano małe modularne reaktory jądrowe wykorzystywane jako reaktory napędowe na okrętach (lotniskowcach, łodziach podwodnych) i statkach oraz reaktory jądrowe pracujące jako mobilne stacje energetyczne. Przedstawiono też podstawowe konstrukcje małych reaktorów jądrowych, ich parametry pracy i systemy bezpieczeństwa oraz stosowane moderatory i chłodziwa.

Na podstawie danych literaturowych i certyfikatów dopuszczenia do ruchu omówiono wybrane modularne reaktory energetyczne o małej mocy. Scharakteryzowano kierunki prac badawczych w wybranych krajach nad nowymi reaktorami jądrowymi o małej mocy (*small modular nuclear reactors*) ze szczególnym uwzględnieniem zagadnień bezpieczeństwa jądrowego oraz cykli paliwowych.

Na bazie przemyśleń autora dotyczących gęstości energii, możliwości akumulacji energii, bezpieczeństwa energetycznego i bezpieczeństwa jądrowego zaprezentowano obszary stosowania modułarnych małych reaktorów jądrowych oraz przyszłościowe zdaniem autora technologie konwersji energii jądrowej. W ostatniej części omówiono SMR-y dopuszczone do eksploatacji i projekty wdrażania małej energetyki jądrowej na świecie i w Polsce. W podsumowaniu przedstawiono spojrzenie autora na zagadnienia bezpieczeństwa jądrowego w odniesieniu do rozwoju technologii i realnych skutków awarii jądrowych.

Przesiewowe badania eksperymentalne stałych materiałów pędnych pod kątem zastosowania w małych silnikach raketowych

Jan Kindracki¹, Krzysztof Wacko¹, Michał Chmielarek², Łukasz Mężyk¹, Przemysław Woźniak¹, Sylwia Kozłowska¹, Maciej Kołodziej¹

¹ Politechnika Warszawska, Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa, ul. Nowowiejska 21/25, 00-665 Warszawa

² Politechnika Warszawska, Wydział Chemiczny, ul. S. Noakowskiego 3, 00-664 Warszawa

e-mail: jan.kindracki@pw.edu.pl

Słowa kluczowe: stałe materiały pędne, liniowa prędkość spalania, silniki raketowe

We współczesnym świecie można zaobserwować silny trend do rezygnacji z wykorzystania procesu spalania w celu pozyskania energii w zastosowaniach transportowych i grzewczych. Dynamicznie rozwijają się technologie pozwalające zastąpić spalanie wykorzystaniem ekologicznych źródeł energii, a Unia Europejska wprowadza przepisy zakazujące produkcji i sprzedaży silników spalinowych na jej terenie po 2035 roku. Istnieje jednak pewien rodzaj silników spalinowych, który będzie wykorzystywany i rozwijany jeszcze przez wiele kolejnych lat – są to silniki raketowe. Choć i na tym polu zastosowanie znajduje energia elektryczna, w tzw. raketowych silnikach elektrycznych, ogranicza się ono do pracy w warunkach kosmicznych. Podczas działania w atmosferze silnik raketowy realizujący klasyczny proces spalania w niektórych przypadkach jest obecnie nie do zastąpienia. Dotyczy to silników raketowych na stały materiał pędny, zwłaszcza w zastosowaniu militarnym, gdzie cechy takie jak relatywnie prosta budowa, krótki czas przygotowania do pracy oraz możliwość przechowywania materiału pędnego przez kilka do kilkunastu lat decydują o możliwości skutecznego wykorzystania konstrukcji.

Konflikt zbrojny, jaki ma miejsce tuż za naszą wschodnią granicą, pokazuje, jak istotne jest posiadanie odpowiedniego arsenału pocisków gotowych do użycia w krótkim czasie w celu odstraszenia i obrony przed nieprzewidywalnym przeciwnikiem. Prowadzenie badań na polu poszukiwania nowych, bardziej efektywnych materiałów pędnych jest nie tylko atrakcyjne, ale również z punktu widzenia bezpieczeństwa państwa bardzo potrzebne. W zależności od konkretnego zastosowania silnika raketowego na materiał pędny narzucają się różne wymagania co do parametrów, jakimi powinien się charakteryzować. W silnikach modyfikacjom podlegają głównie parametry napędowe, takie jak ciąg czy impuls właściwy, oraz parametry związane z procesem spalania – m.in. ilość generowanego dymu czy liniowa szybkość spalania.

W pracy przedstawiono przesiewowe badania eksperymentalne dla różnych kompozycji materiału pędnego pod kątem maksymalizacji wartości liniowej szybkości spalania. Potencjalnym zastosowaniem tych materiałów są silniki raketowe będące podzespołem wykonawczym układu sterowania pocisków poruszających się z prędkościami naddźwiękowymi czy hipersonicznymi.

Na liniową szybkość spalania wpływ może mieć wiele parametrów, takich jak składniki materiału pędnego: paliwo i utleniacz, stopień rozdrobnienia utleniacza, dodatki katalityczne czy też sposób formowania ziarna. Przeprowadzone badania pozwoliły wyłonić grupę materiałów pędnych o wartości szybkości spalania pozwalającej na opracowanie skutecznego układu sterowania. Wyposażenie niesterowanych pocisków w taki układ przyniesie wymierną korzyść zarówno produkującym je zakładom, jak i użytkownikowi końcowemu, czyli Siłom Zbrojnym RP.

Analiza różnych aspektów energetycznego wykorzystania zielonego wodoru

Janusz Kotowicz, Kamila Szykowska

Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, ul. S. Konarskiego 18, 44-100 Gliwice

e-mail: janusz.kotowicz@polsl.pl

Słowa kluczowe: wodór, amoniak, syntetyczny gaz ziemny

W pracy przedstawiono koncepcję układów do produkcji amoniaku i SNG przy wykorzystaniu wodoru wytworzonego z energii elektrycznej z OZE. Pokazane instalacje zamodelowano przy użyciu programu Aspen Plus. Wykorzystując uzyskane wyniki, wyznaczono charakterystyki termodynamiczne badanych instalacji. Opracowano metodologię ich oceny energetycznej. Omówiono sposoby zwiększenia sprawności energetycznej. Zaprezentowano metodologię wyznaczania charakterystyk ekonomicznych badanych instalacji, ze szczególnym uwzględnieniem kosztu zielonego wodoru.

Autorzy przedstawiają unikatową analizę systemów produkcji paliw alternatywnych w połączeniu z instalacją elektrolizy wody. Dostępne w literaturze prace dotyczące badań pojedynczych struktur skupiają się głównie na analizie chemicznej. Rozważania zawarte w niniejszym artykule obejmują cały proces wytwarzania SNG oraz amoniaku, począwszy od wykorzystania energii elektrycznej z OZE, aż po wytwarzanie wodoru i jego konwersję do paliw alternatywnych. Ponadto autorzy dokonują kompleksowej analizy ekonomicznej omawianych struktur.

Dyssypacja energii w modelowaniu przepływów konwekcyjnych

Dariusz Mikielawicz

Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

e-mail: dariusz.mikielawicz@pg.edu.pl

Słowa kluczowe: energia dyssypacji, modelowanie przepływów, wrzenie, kondensacja, opory przepływu

Modelowanie przepływów konwekcyjnych, a w szczególności tych, w których występuje wrzenie lub kondensacja, jest zagadnieniem, którym od dłuższego czasu zajmują się badacze na całym świecie. W większości przypadków proponuje się korelacje empiryczne, obowiązujące dla wybranych płynów w ograniczonym zakresie stosowności. Występują także podejścia wykorzystujące superpozycję prostszych przypadków w postaci wrzenia w objętości oraz przepływu konwekcyjnego. Ten sposób wyznaczania wymiany ciepła w przepływie ze zmianą fazy cieszy się największą popularnością. Spotyka się też modele posiadające podstawy teoretyczne. Niestety, w tych przypadkach modelowane są raczej indywidualne struktury wrzenia czy kondensacji, bez podawania warunków przejścia jednej fazy w drugą.

W referacie przedstawiono alternatywne podejście do modelowania przepływów konwekcyjnych, oparte na analizie energii dyssypacji. Energia posiada cechę addytywności i to właśnie tę cechę wykorzystano w zaprezentowanych przykładach. Uwagę skupiono na modelowaniu przepływów z wrzeniem lub kondensacją w warunkach nasycenia oraz przechłodzenia. Zaproponowane podejście zastosowano również do analizy przepływu mgłowego i nadkrytycznej wymiany ciepła. Także w tych przypadkach uzyskano spójne wyniki, które potwierdzają zdolność przedstawionego modelowania do przewidywania złożonych przepływów z wymianą ciepła i efektami nieliniowymi.

Należy zauważyć, że podejście do uzyskania rozwiązania w złożonym przepływie oparte na sumowaniu energii dyssypacji sprawdziło się również w innych przypadkach. Podejście wykorzystujące koncepcję modelu sumowania energii dyssypacji zostało wcześniej zastosowane przez autora do analizy dwufazowego przepływu pęcherzykowego w warstwie przyściennej.

Metody oparte na analizie energii są alternatywą dla tradycyjnych podejść do modelowania, dając wiarygodne wyniki. Metody energetyczne są doceniane w wielu zastosowaniach inżynierskich, np. metoda Galerkina czy składanie naprężeń w ciałach stałych metodą Hubera w mechanice.

Wpływ termodynamiki na rozwój techniki i nauki

Jarosław Mikielwicz¹, Dariusz Mikielwicz²

¹ Instytut Maszyn Przepływowych PAN, ul. gen. J. Fiszer 14, 80-231 Gdańsk

² Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

e-mail: jarekm@imp.gda.pl; dariusz.mikielwicz@pg.edu.pl

Słowa kluczowe: termodynamika, energia, entropia

Rozwój cywilizacji nierozzerwalnie łączy się ze wzrostem zapotrzebowania na energię. Rozwija się nauka o zamianie energii na pracę i ciepło, która została nazwana – niezbyt słusznie – termodynamiką. Joule rozumiał równoważność pracy i ciepła jako sposobów zmiany energii. Istotnie przyczynił się do sformułowania zasady bilansu energii – pierwszej zasady termodynamiki. Carnot jako pierwszy sformułował drugą zasadę termodynamiki, która uwzględnia jakościowy aspekt energii. Chociaż całkowita energia układu się nie zmienia, to jej zdolność do wykonania pracy jest zależna od wartości parametrów układu. Clausius nazwał tę jakościową cechę energii „entropią”. Wzrost entropii we wszechświecie uważany jest za podanie kierunku strzałki czasowej dla wszechświata. Klasyczna fizyka i chemia rozważają układy zamknięte. Dla rozważań termodynamicznych istotne jest pojęcie stanu równowagowego. Procesy równowagowe to procesy modelowe. Dla ciała będącego w równowadze można znaleźć związek między parametrami stanu, zwany równaniem stanu. Rozróżnia się termiczne i kaloryczne równanie stanu. Zmiany entropii w pobliżu temperatury zera w skali Kelwina opisuje trzecia zasada termodynamiki. Procesy nierównowagowe bliskie stanom równowagowym opisuje termodynamika procesów nierównowagowych. Dla tych procesów zasada Onsagera jest często uważana za czwartą zasadę termodynamiki. Termodynamika klasyczna nie posługuje się układem współrzędnych ani też czasem. Istotnym elementem analizy termodynamicznej jest wybór układu. Klasyczny układ stanowi układ zamknięty. Pojęcie układu zamkniętego rozszerza się w termodynamice technicznej na pojęcie układu otwartego. W układzie otwartym istnieje przepływ materii powodujący zmiany energii i entropii. Zmiany entropii mogą być dla układu otwartego ujemne. Istnieje szereg zastosowań termodynamiki technicznej w praktyce. Określenie sprawności urządzenia, w którym następuje konwersja energii, wymaga zastosowania nie tylko pierwszej, ale i drugiej zasady termodynamiki. Dzięki znajomości zasad termodynamiki energię wykorzystuje się efektywnie.

Termodynamika klasyczna nie analizuje szybkości transferu energii cieplnej. Tym zajmuje się jej gałąź – wymiana ciepła. W technice istnieją procesy, w których należy intensyfikować proces transferu ciepła, np. w obiegu termodynamicznym. Istnieją też procesy wymagające redukcji lub izolacji procesu wymiany ciepła. Obecnie nauka i technika zainteresowane są układami otwartymi. Takie układy otwarte poza techniką występują w biologii, medycynie, ekonomii, socjologii, historii itd. Drugą zasadę termodynamiki dla układu otwartego sformułował I. Prigogine. Układem otwartym jest np. żywy organizm. W żywych organizmach entropia maleje na skutek importu materii wraz z energią z otoczenia. W żywych organizmach entropia całkowita maleje, ale to nie oznacza, że jest to niezgodne z drugą zasadą termodynamiki. W nauce można wyróżnić różne aspekty koncepcji entropii wprowadzonej przez Carnota i Clausiusa: aspekt fenomenologiczny o charakterze termicznym; aspekt statystyczny jako miara nieuporządkowania wg Boltzmanna, co stanowi pewien rodzaj molekularnej teorii termicznej ciepła, i aspekt informatyczny dotyczący zawartości informacji w wiadomości wg Shannona, stanowiący element teorii komunikacji. Wielu badaczy uważa, że te trzy sformułowania są równoważne. Do takiego wniosku doszedł jako pierwszy L.M. Brillouin, a ostatnio J. Peters. Otwiera to nowe możliwości dla zastosowań termodynamiki w medycynie czy historii. Entropia statystyczna dotyczy „nieuporządkowania”, a informacja redukuje ją, wprowadzając „porządek”.

Analiza złożoności dynamiki przepływów dwufazowych

Romuald Mosdorf, Gabriela Rafałko, Iwona Zaborowska

Politechnika Białostocka, Wydział Mechaniczny, ul. Wiejska 45A, 15-351 Białystok

e-mail: r.mosdorf@pb.edu.pl

Słowa kluczowe: niestabilności, przepływ dwufazowy, analiza rekurencyjna, analiza obrazu

Niestabilności przepływów dwufazowych towarzyszących wrzeniu w minikanalach powodują oscylacje spadku ciśnienia, natężenia przepływu cieczy i pary oraz temperatury ścianek kanałów. Niestabilności przepływów dwufazowych można podzielić na statyczne i dynamiczne. Za niestabilność statyczną uważa się zaburzenie stanu układu, po którym system asymptotycznie osiąga nowy stabilny stan – takiemu procesowi zazwyczaj towarzyszą wysokoczęstotliwościowe oscylacje ciśnienia i temperatury. Natomiast w trakcie niestabilności dynamicznej system nieustannie zmienia swój stan, oscylując pomiędzy różnymi stanami – takiemu procesowi również towarzyszą wysokoczęstotliwościowe oscylacje ciśnienia i temperatury. Niestabilności we wrzeniu w przepływie związane są z procesami zmiany fazy, przepływu ciepła oraz cieczy i pary, jak również z procesami zachodzącymi w układzie zasilania wymiennika ciepła w ciecz oraz ciepło. Podczas wrzenia w przepływie w układzie z minikanalami może występować jednocześnie kilka niestabilności nakładających się na siebie – takie zjawisko utrudnia analizę dynamiki wrzenia. Procesy te powodują, że rejestrowane sygnały pomiarowe charakteryzują się chaotycznymi oscylacjami zachodzącymi w różnych skalach czasowych.

Jedną z podstawowych cech układów chaotycznych jest rekurencja. W przepływach dwufazowych we wrzeniu ta cecha rejestrowanych sygnałów jest charakterystyczna dla niestabilności dynamicznych. Analiza charakteru rekurencji w zarejestrowanych we wrzeniu oscylacjach: ciśnienia, temperatury lub strumienia ciepła pozwala na identyfikację wybranych cech niestabilności struktur przepływu dwufazowego. W pracy omówiono zastosowanie wykresów rekurencyjnych w analizie oscylacji ciśnienia, temperatury oraz strumienia ciepła, a także wybrane wyniki badań przedstawionych w pracach.

Przedstawiono również wybrane metody analizy dynamiki struktur przepływu dwufazowego realizowane na podstawie analizy obrazu (filmów). Zaprezentowano wybrane rezultaty badań opisanych w pracach. Analizy charakterystycznych cech przepływu przeprowadzono na podstawie zmian jasności pikseli wywoływanych przez zmiany fazy w trakcie przepływu dwufazowego. Przeanalizowano podobieństwo oraz złożoność rozkładu faz. Pokazano zastosowanie obu podejść do identyfikacji struktur przepływu dwufazowego.

Dydaktyka przedmiotów (nie tylko) związanych z techniką cieplną – gdzie jesteśmy teraz i czy jest coś ciekawszego niż tradycyjny styl nauczania?

Ziemowit Ostrowski

Politechnika Śląska, Katedra Techniki Ciepłej, ul. S. Konarskiego 22, 44-100 Gliwice

e-mail: ziemowit.ostrowski@polsl.pl

Słowa kluczowe: dydaktyka, nowe metody nauczania, komunikacja ze studentami

Czy pomiędzy dzisiejszym studentem a tradycyjną uczelnią wyższą pojawiła się przepaść? Zastanówmy się nad problemem rosnącego niezrozumienia pomiędzy wykładowcami/nauczycielami stosującymi tradycyjne schematy nauczania a współczesnymi studentami. Rozdźwięk ten jest źródłem licznych nieporozumień. W rezultacie obie strony relacji nauczyciel–uczeń mogą odczuwać niezadowolone lub być zdemotywowane.

Nauczyciele/wykładowcy/profesorzy są często przygnębieni niskim poziomem zaangażowania studentów, niskim poziomem ich wiedzy, niską umiejętnością rozwiązywania problemów itp. Studenci zaś są rozczarowani staromodnymi wykładami, skostniałym (a może już zwyczajnie zdezaktualizowanym) schematem wykład–ćwiczenia–laboratorium, brakiem motywowania do nauki itp. Wreszcie jest też trzecia strona: rynek – pracodawcy jako konsumenci naszych „produktów” (naszych absolwentów) też mogą być niezadowoleni z otrzymanego „produktu”. Oczywiście, co wiem i w co wierzę, istnieją liczne przypadki uczelni i wykładowców stosujących dobre, nowoczesne techniki nauczania i są też dobrze zmotywowani, zdolni i zaangażowani studenci. Ale czy tak jest wszędzie? Niestety nie.

Co my (nauczyciele, wykładowcy, profesorzy) powinniśmy zrobić, aby tę przepaść zasypać? Czy jest to nasz obowiązek? Czy może powinniśmy jedynie oczekiwać, że studenci zmienią swój styl życia i uczenia się, aby dopasować się do naszych oczekiwań/przyzwyczajzeń? Czy jesteśmy gotowi przyjąć do wiadomości, że obecna sytuacja nie jest wyłącznie winą studentów? Czy istnieje przestrzeń do zmian w systemach nauczania na naszych uczelniach? Gdzie ogranicza nas narzucony ogólnie system studiów? Czy powinniśmy forsować dobrze nam znany styl nauczania, czy też podążać za zmianami mentalności studentów, ich potrzebami i oczekiwaniami? Gdzie leży złoty środek? Jak bardzo powinniśmy się zmienić? Gdzie powinniśmy pójść? Czy boimy się zmian? Co nas ogranicza? I tak dalej. To tylko wybrane pytania, które pojawiają się dzisiaj w głowach wielu wykładowców. Wszystkie te pytania są otwarte. Są trudne. Ale też wszystkie zdecydowanie wymagają odpowiedzi.

Dwie odpowiedzi wydają się niewątpliwie znane:

1. Tak, naszym – nauczycieli, wykładowców, profesorów – obowiązkiem (ale też i przywilejem) jest znalezienie właściwych odpowiedzi, wdrożenie właściwych rozwiązań, poprawa (naprawa?) stylu i jakości nauczania.
2. Tak, powinniśmy się/coś zmienić, a już na pewno powinniśmy spróbować to zrobić.

Jako tło do dyskusji przedstawiam wybrane niestandardowe metody dydaktyczne, które przetestowałem w nauczaniu przedmiotu transport ciepła i masy: m.in. wykorzystanie medium społecznościowego Facebook jako narzędzia pomocniczego w procesie nauczania (czy nam się to podoba, czy nie, studenci nie czytają podręczników, ale czytają Facebooka) oraz ideę angażowania studentów w projekty, np. typu PBL – Project Based Learning.

Wierzę, że niniejsze opracowanie stanie się przyczynkiem do szerszej dyskusji. Podzielmy się naszymi obserwacjami, pomysłami, sposobami, doświadczeniami, dobrymi praktykami.

Studenci nie są dzisiaj ani lepsi, ani gorsi, są inni. Inne są też potrzebna wiedza i umiejętności. Inne powinny więc być sposoby nauczania i komunikacji.

Metodologia i praktyka wyznaczania właściwości cieplno-fizycznych

Andrzej J. Panas

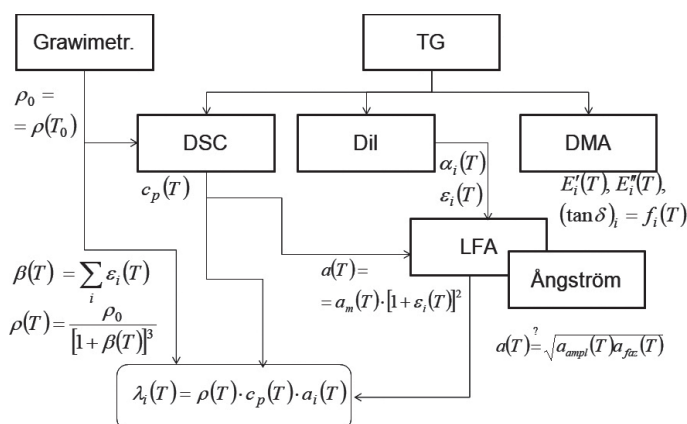
Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Zakład Samolotów i Śmigłowców, ul. Księcia Bolesława 6, 01-494 Warszawa; Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Mechatroniki, Uzbrojenia i Lotnictwa, ul. gen. S. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa

e-mail: Andrzej.Panas@itwl.pl; Andrzej.Panas@wat.edu.pl

Słowa kluczowe: termofizyka materiałów i struktur materiałowych, właściwości cieplno-fizyczne, badania doświadczalne

Praca dotyczy problemu komplementarnych badań właściwości cieplno-fizycznych. Przy omówieniu problemu nacisk położono na badania doświadczalne i aspekt zastosowania uzyskiwanych wyników w praktyce inżynierskiej. Ścisłe utilitytarne cel działań nie wyklucza jednak konieczności znacznie szerszego potraktowania zagadnienia, a kompleksowość badań nie wynika tylko i wyłącznie z możliwości współczesnej techniki pomiarowej, ze stosunkowo łatwym dostępem do wyników pomiarów np. ciepła właściwego, dyfuzyjności, przewodności lub rozszerzalności cieplnej. Kompleksowość jest uzasadniona ścisłymi związkami mechanizmów gromadzenia i transportu ciepła na poziomie elementarnym oraz złożonością tychże zjawisk w strukturach materiałowych na poziomie fenomenologicznym. Wyniki nawet poprawnie wykonanego pomiaru wymagają właściwej interpretacji, do której kluczem jest po pierwsze uzupełnienie danych pojedynczej właściwości danymi parametrów komplementarnych, a po drugie jak najdokładniejsze określenie zależności temperaturowych zestawianych właściwości.

W prezentacji wybranych problemów obecnego stanu rozwoju dziedziny badań właściwości cieplno-fizycznych podkreślono zatem rolę rozdzielczości temperaturowej.



Rys. 1. Schemat współzależności etapów przykładowego programu pomiarów cieplno-fizycznych

Gold nanoparticles for photothermal water disinfection

Francesca Petronella¹, Daniela de Biase², Federica Zaccagnini², Maria Laura Sforza², Arianna Avitabile², Luciano De Sio²

¹ National Research Council of Italy, Institute of Crystallography CNR-IC, Area della Ricerca Roma 1 Strada Provinciale 35d, n. 9 – 00010 Montelibretti (RM), Italy

² Sapienza University of Rome, Department of Medico-Surgical Sciences and Biotechnologies, Corso della Repubblica, 79 04100 – Latina (LT), Italy

e-mail: francesca.petronella@ic.cnr.it

Keywords: plasmonic nanoparticles, thermoplasmonics, water disinfection

Plasmonic nanoparticles (PNPs), due to their size and chemical composition, exhibit a surface electron density able to couple with electromagnetic radiation, thus giving rise to the localized surface plasmon resonance (LSPR) phenomenon. It involves the coherent oscillation of surface electrons in resonance with the impinging light (plasmons). The LSPR generates peculiar spectroscopic features, namely an intense light absorption at the resonance frequency. For noble metal nanoparticles of a suitable size, the resonance frequency lies from the visible to near-infrared (NIR) wavelength range, and is strongly size/shape-dependent. The LSPR phenomenon makes PNPs excellent light-to-heat transducers. Accordingly, several applications, spanning from renewable energy generation to tumor cell ablation, can rely on thermoplasmonic heating. This contribution provides an overview of our recent achievements in designing and developing plasmonic nanostructures for photothermal water disinfection applications. Achieving water disinfection via photothermal heating is a convenient choice as it limits or avoids the employment of chemical compounds, whose misuse and overuse give rise to several drawbacks, including the occurrence of antimicrobial resistance. Gold nanorods (AuNRs) are investigated as suitable NIR light-to-heat transducers for thermoplasmonic inactivation of *Escherichia coli* (*E. coli*), selected as a model pathogen. Our studies use AuNRs in water dispersions, and immobilized on a rigid substrate with multifunctional properties. In the first set of experiments, the NIR irradiation of AuNRs increased the temperature to 50°C, inducing an *E. coli* inactivation rate of 2 log CFU. The second set of experiments demonstrated that thermoplasmonic heating could promote *E. coli* disinfection, also when AuNRs are immobilized on substrates, as the photothermal heating generated a temperature of 54°C, suitable for cell inactivation. The obtained results pave the way for the investigation of plasmonic nanoparticle arrays able to trigger photothermal heating by visible light irradiation, thus achieving visible-light-induced water disinfection.

Wybrane zagadnienia towarzyszące wrzeniu podczas przepływu przez minikanaly o przekroju prostokątnym

Magdalena Piasecka

Politechnika Świętokrzyska, Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn, al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce

e-mail: tmpmj@tu.kielce.pl

Słowa kluczowe: minikanal, przepływ, wymiana ciepła, wrzenie, struktury przepływu dwufazowego, opory przepływu

W pracy omówiono wybrane zagadnienia towarzyszące wrzeniu podczas przepływu płynów chłodniczych przez minikanaly o przekroju prostokątnym. Do najważniejszych należą procesy wymiany ciepła podczas przepływu konwekcyjnego ze zmianą fazy. Głównym celem obliczeń jest wyznaczenie współczynnika przejmowania ciepła podczas przepływu wrzącego czynnika w minikanalach. Kluczowymi zagadnieniami są ponadto formujące się struktury przepływu dwufazowego wraz z kolejnymi etapami wrzenia, a także spadki ciśnienia występujące podczas przepływu. W opracowaniu przedstawiono stanowisko badawcze, koncentrując się na modułach testowych z minikanalami ogrzewanymi asymetrycznie, ustawianymi pod różnymi kątami do poziomu. Scharakteryzowano kluczowe parametry cieplno-przepływowe oraz rozwinięcia powierzchni grzejnej, badane pod kątem intensyfikacji procesów wymiany ciepła. W module testowym przewidziano pojedynczy minikanal lub zestaw minikanalów w liczbie od 2 do 37 sztuk. Minikanaly miały prostokątny przekrój poprzeczny, przy czym ich najmniejszy wymiar zmienny był w zakresie 0,7–2 mm. Jedną ze ścianek kanału ogrzewano oporowo. Stanowiła ją cienka folia grzejna ze stopu Haynes 230. Temperaturę od zewnętrznej powierzchni ścianki mierzono metodami kontaktowymi (termoelementy) lub bezkontaktowymi (metoda termowizyjna, termografia ciekłokrystaliczna). Konstrukcja modułu zapewniała obserwację struktur przepływu dzięki przezroczystemu ścianie minikanalu (przeciwnie do ogrzewanej) wykonanej ze szkła. Eksperymenty przeprowadzono w warunkach ustalonych lub zmieniających w czasie. Scharakteryzowano stosowane metody pomiaru temperatury powierzchni ściany grzejnej oraz płynu na wlocie i wylocie do modułu testowego. Wskazano na istotne znaczenie przeprowadzenia analizy błędów kluczowych wielkości mierzonych i wyznaczanych. Przybliżono wykorzystywane matematyczne modele zagadnienia oraz metody pozwalające rozwiązać zagadnienie odwrotne występujące w modelu. Równania rządzące uzupełniano o układ odpowiednich warunków brzegowych wynikających z warunków eksperymentalnych. Spośród metod obliczeniowych stosowano uproszczone metody 1D oraz metody 2D, w których do obliczeń wykorzystywano funkcje Trefftza. Obliczenia przeprowadzane były również w programach CFD, takich jak: ADINA, Simcenter STAR-CCM+ oraz ANSYS (CFX i Fluent). Pokazano typowe przebiegi zależności współczynników przejmowania ciepła w funkcji czasu oraz odległości od wlotu do kanału. Przedstawiono przykładowe krzywe wrzenia z widocznym uskokiem temperatury, charakterystycznym dla inicjacji wrzenia. Zilustrowano zaobserwowane struktury przepływu, różniące się w zależności od orientacji przestrzennej, jak również przy zastosowaniu rozwinięcia powierzchni grzejnej. Zaprezentowano spadki ciśnienia uzyskiwane dla różnych orientacji przestrzennych minikanalów oraz zmienność wybranych parametrów eksperymentalnych w czasie. Zaproponowano własne równania kryterialne, a wyniki porównano z wynikami innych badaczy. Oryginalność niniejszej pracy stanowi kompleksowe omówienie zagadnień towarzyszących wrzeniu podczas przepływu przez minikanaly o przekroju prostokątnym, stanowiące efekt wieloletniej pracy kieleckiego zespołu badawczego.

Aspekty numerycznego modelowania procesów transportu w granularnych ośrodkach reaktywnych z relaksacyjnym opisem przepływu ciepła

Sylwia Polesek-Karczewska, Dariusz Kardaś

Instytut Maszyn Przepływowych PAN, ul. gen. J. Fiszera 14, 80-231 Gdańsk

e-mail: sylwia.polesek-karczewska@imp.gda.pl; dk@imp.gda.pl

Słowa kluczowe: model nie-fourierowski, czas relaksacji, przepływy reaktywne, materiały granularne, równania hiperboliczne

Materiały granularne mają szerokie i stale rosnące zastosowanie we współczesnych technologiach, zwłaszcza w zakresie systemów i urządzeń energetycznych, takich jak np. palniki, wymienniki ciepła czy magazyny energii. Modelowanie zagadnień wymiany ciepła w takich ośrodkach nabiera zatem istotnego znaczenia w kontekście przewidywania charakterystyk cieplno-przepływowych układów efektywnych energetycznie.

Opis transportu ciepła w reaktywnych ośrodkach granularnych jest trudny z uwagi na skomplikowaną geometrię medium, przemiany fazowe i chemiczne, zmiany struktury i kształtu ziaren oraz udział różnych mechanizmów transportu ciepła. Czynniki te wpływają na dynamikę procesu wymiany masy, powodując lokalne różnice temperatur pomiędzy płynem a ziarnami. W praktyce, gdy rozkład porowatości jest niejednorodny, jak ma to miejsce w przypadku termicznie przetwarzanego złoża paliwa stałego, może to prowadzić do nierównowagi termodynamicznej. Nieliczne badania dotyczące materiałów granularnych w tym zakresie pokazują, że przewidywania klasycznego modelu fourierowskiego dla procesów o dużej dynamice, jak np. spalanie, znacząco odbiegają od danych eksperymentalnych, co stanowi przesłankę do zastosowania modelu nie-fourierowskiego, uwzględniającego czas relaksacji. Jest on jednak wielkością bliżej nierozpoznaną.

Praca skupia się na numerycznych aspektach modelowania zagadnienia termicznej konwersji paliwa stałego z uwzględnieniem opisu transportu ciepła opartego na równaniu przewodzenia ciepła typu nie-fourierowskiego, który uwzględnia opóźnienie propagacji frontu temperatury. W literaturze brak jest prac poświęconych takim analizom w odniesieniu do termochemii. Rozważa się model niestacjonarny, obejmujący równania bilansu masy faz stałej i gazowej, bilansu energii dla złoża oraz równanie relaksacyjne na strumień ciepła. Proponowane podejście prowadzi do uzyskania postaci hiperbolicznej równań transportu. W opracowaniu pokazano wpływ prędkości sygnału dla zmiennych parametrów fizycznych ośrodka i czasu relaksacji, jako parametru reprezentującego sprzężone efekty wpływające na lokalną nierównowagę termodynamiczną, na przewidywany rozkład temperatury. Wykonano obliczenia dotyczące zagadnienia transportu energii z uwzględnieniem stabilności rozwiązania w zależności od kroku czasowego i rozmiaru komórki obliczeniowej przy różnych parametrach fizycznych złoża. Podjęto próbę określenia czasu relaksacji strumienia ciepła przy różnych warunkach geometrycznych złoża.

Przychodzi klient... czyli realizacja nauczania termodynamiki i wymiany ciepła przez praktykę

Arkadiusz Ryfa

Politechnika Śląska, Katedra Techniki Ciepłej, ul. S. Konarskiego 22, 44-100 Gliwice

e-mail: arkadiusz.ryfa@polsl.pl

Słowa kluczowe: dydaktyka, nauczanie projektowe, studium przypadku, nowe metody nauczania

Tradycyjne podejście do prowadzenia zajęć projektowych obejmuje otrzymanie zestawu danych oraz szczegółowe wyjaśnienie celu i metodyki zadania – w tym niezbędnego modelu matematycznego czy numerycznego. Tym samym główne zadanie ogranicza się do wykonywania obliczeń matematycznych. Zaletą takiego podejścia jest to, że model wykorzystywany do rozwiązania problemu może być dość złożony. Dzięki takiej formie zajęć studenci dowiadują się wyłącznie, jak rozwiązać dany problem. Zaproponowano więc inne podejście, w którym wykładowca pełni rolę klienta zgłaszającego się do firmy z problemem do rozwiązania. Oczywiście poziom trudności zadania musi być odpowiednio dobrany, aby studenci posiadali niezbędną podstawę (wiedzę) do jego rozwiązania. Często jednak wiedza ta jest rozproszona, gdyż została podana w ramach różnych przedmiotów. Złożoność wymaganych modeli fizycznych musi być mniejsza niż w podejściu klasycznym ze względu na to, że studenci mają wykonywać inne czynności. Taki projekt podzielony jest na kilka etapów. W pierwszej fazie klient przedstawia krótki opis problemu do rozwiązania oraz oczekiwanych przez niego rezultatów. Ponieważ w tej chwili przed całą grupą prezentowanych jest więcej problemów, studenci mogą rywalizować między sobą o pracę nad najbardziej pożądanym przez nich tematem. Podczas przydzielania problemów odbywa się dyskusja, podczas której podaje się studentom więcej informacji. Druga faza to negocjacje. Wówczas studenci zadają pytania dotyczące problemu, aby uzyskać wszystkie niezbędne informacje. Klient często pyta, w jaki sposób można uzyskać pożądaną wartość. Równoległe z negocjacjami studenci budują model matematyczno-fizyczny i rozwiązują zadanie. W miarę postępu rozwiązania ujawniane są nowe podproblemy. Gdy problem zostanie rozwiązany, rozpoczyna się ostatnia faza. Studenci przygotowują krótkie podsumowanie i przedstawiają uzyskane wyniki przed całą grupą. Wszystkie projekty realizowane ze studentami opierają się na realnych problemach inżynierskich występujących w przemyśle. W ten sposób studenci mają możliwość zmierzenia się z rzeczywistymi problemami żywymi i połączenia wiedzy z zakresu metrologii, planowania eksperymentu, termodynamiki, wymiany ciepła i działania różnego rodzaju maszyn i urządzeń energetycznych. Dzięki takiemu podejściu studenci widzą, że prawa, zasady i modele, o których uczą się na zajęciach, mają wartość praktyczną, a ponadto podczas zajęć często rodzą się pomysły, na które nikt wcześniej nie wpadł.

Podziękowania

Badania finansowane są przez Ministerstwo Edukacji i Nauki w ramach subwencji dydaktycznej Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej.

Mapy struktur w przepływach wielofazowych

Małgorzata Sikora¹, Tadeusz Bohdal¹, Stanisław Witczak², Grzegorz Ligus²

¹ Politechnika Koszalińska, Katedra Energetyki, ul. Śniadeckich 2, 75-453 Koszalin

² Politechnika Opolska, Katedra Inżynierii Procesowej i Środowiska, ul. S. Mikołajczyka 5, 45-271 Opole

e-mail: malgorzata.sikora@tu.koszalin.pl

Słowa kluczowe: przepływy wielofazowe, struktury przepływu, mapy struktur przepływu

Mapy struktur przepływu są najbardziej użytecznym narzędziem w procesie identyfikacji struktur powstających w przepływach wielofazowych. Można je zdefiniować jako graficzny sposób przedstawienia granic przejścia struktur przepływu w zależności od charakterystycznych parametrów przemiany fazowej lub przepływu, takich jak stopień suchości pary x , stopień zapełnienia ϕ , gęstość strumienia masy G czy prędkości poszczególnych faz. Mapy są zwykle rysunkiem dwuwymiarowym, opisanym za pomocą minimum dwóch wybranych parametrów lub wielkości opisujących zjawisko. Najstarsze mapy struktur przepływu dotyczyły przepływów adiabatycznych, głównie układów dwufazowych woda–powietrze lub trójfazowych woda–olej–powietrze w kanałach konwencjonalnych. Mapy struktur przepływu nieadiabatycznego są nieskomplikowane i pozwalają na dobór odpowiedniego modelu do określenia współczynnika przejmowania ciepła, a także oporów przepływu czynników. Ma to duży wpływ na konstrukcję urządzeń przepływowych, gdzie niejednokrotnie występują przepływy dwu- a nawet trójfazowe. Niniejszy artykuł zawiera przegląd map struktur przepływów wielofazowych proponowanych przez różnych autorów.

Measurements of arterial displacements during the cardiac cycle using ultrasound

Aleksander Sinek¹, Mateusz Mesek¹, Marek Rojczyk¹, Jan Juszczyk², Wojciech P. Adamczyk¹, Jacob Sturdy³, Bartłomiej Melka¹, Adam Golda⁴, Michał Nowok⁴, Ziemowit Ostrowski¹, Ryszard Bialecki¹

¹ Silesian University of Technology, Department of Thermal Technology, Konarskiego 22, 44-100 Gliwice

² Silesian University of Technology, Department of Informatics and Medical Devices; Konarskiego 22, 44-100 Gliwice

³ Norwegian University of Science and Technology, Department of Structural Engineering, Postboks 8900, NO-7491 Trondheim, Torgarden, Norway

⁴ Gliwice Municipal Hospital No. 4, Cardiology Ward, Tadeusza Kościuszki 29, 44-100 Gliwice

e-mail: rbialecki@polsl.pl

Keywords: image processing, fluid-structure interaction, ultrasound, pulsatile flow

The purpose of the measurements is to determine the local stiffness of the blood vessels. The research aims to solve the inverse problem of the fluid-structure interaction (FSI) task blood flow in deforming blood vessels.

Stiffness changes with age due to changes in the structure of the vessel walls and some disease processes. Increased stiffness, by reducing the absorption ability of pressure pulse, increasing the rate of propagation of reflected pressure waves, and increasing the pumping work of the left ventricle causes the destruction of sensitive tissues of organs (e.g., brain, kidneys), hypertension, and cardiac hypertrophy. Knowledge of the walls of stiffness of the blood vessels is an important parameter used in diagnosing and preventing various diseases.

The purpose of the task is to determine the equivalent mechanical properties of the wall. A key element of the method is the measurement of vascular deformations, which can be performed *in vivo*, for the carotid artery by ultrasonography. To determine the accuracy of this measurement, a phantom was built at the Department of Thermal Technology of Silesian University of Technology. In this phantom, a comparative measurement of the deformation of a flexible conduit in which the liquid flows is carried out by high-resolution optical cameras and an ultrasound machine. Fluid movement is driven by a pump whose duty cycle mimics the change in pressure produced by the heart's left ventricle.

The deformation of the carotid artery was measured using the same ultrasound device in the next step (Figs. 1, 2).

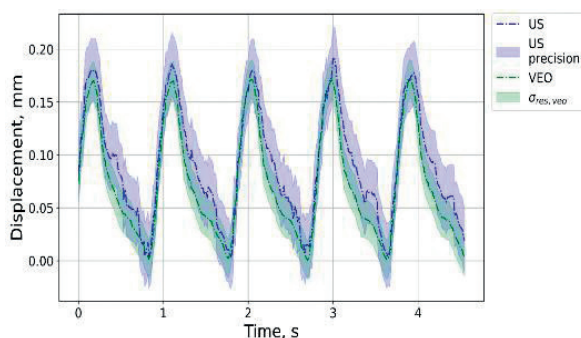


Fig. 1. Comparison of US and optical (VEO) deformations and their uncertainties

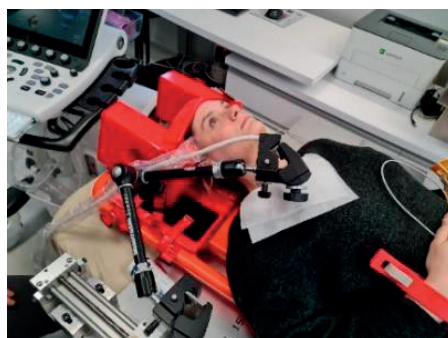


Fig. 2. Medical experiment. Measurements of deformations of the carotid artery

A novelty in this research is the idea of determining the stiffness of the elastic channel by solving the problem of inverse FSI and the method of measuring deformation using an ultrasound device.

Acknowledgement

Funded from the Norwegian Financial Mechanism 2014–2021 operated by the National Science Center, PL (NCN) within GRIEG programme under grant# UMO-2019/34/H/ST8/00624, project ENTHRAL.

White light thermoplasmonics: new advances in biomedical applications

Luciano De Sio

Sapienza University of Rome, Department of Medico-Surgical Sciences and Biotechnologies, Corso della Repubblica, 79 04100 – Latina (LT), Italy

e-mail: luciano.desio@uniroma1.it

Keywords: thermoplasmonics, biotechnology, solar energy

Nanotechnology and nanomaterials play an essential role in developing next-generation technologies thanks to the capability to design novel and energy-efficient solutions, fully respectful of the environment. Plasmonic nanoparticles are a class of exciting nanomaterials capable of converting light to heating (thermoplasmonic effect) with very high efficiency. In recent years, thermoplasmonic-based applications have been explored in several research fields, ranging from solar energy to healthcare applications. However, one of the main limitations is attributed to the fact that to properly excite thermo-plasmonic effects, a resonant laser source is required, thus making the applications costly and energy inefficient. To address this issue, we overview our recent findings based on the design, realization, and characterization of truly innovative plasmonic nanoparticles and nano-platforms with excellent photo-thermal properties upon white light excitation. Several biomedical applications that exploit white light photo-thermal heating are presented and discussed, from healthcare facility disinfection to innovative face masks. Our findings are pioneering a unique opportunity for personal protective equipment and healthcare facilities since the reported methodologies allow non-hazardous disinfection of medical devices by simply using a conventional white light lamp and, in the next near future, smartphone torches. Ongoing and future experiments are also devoted to integrating the newly realized broadband nanoparticles in solar light panels for improving solar light harvesting.

Acknowledgement

This work has been supported by the “NATO – Science for Peace and Security Programme (SPS-G5759, NANO-LC)” and by the Air Force Office of Scientific Research, Air Force Material Command, U.S. Air Force. “Digital optical network encryption with liquid-crystal grating metasurface perfect absorbers” FA8655-22-1-7007 (P.I. L. De Sio, EOARD 2022–2025).

Amoniak jako sposób na długookresowe magazynowanie energii

Andrzej Szlęk

Politechnika Śląska, Katedra Techniki Ciepłej, ul. S. Konarskiego 22, 44-100 Gliwice

e-mail: aszlek@polsl.pl

Słowa kluczowe: energia, magazynowanie energii, amoniak

Wraz ze wzrostem udziału odnawialnych źródeł energii rośnie potrzeba magazynowania energii – zarówno krótkoterminowego (godziny, dni), jak i długoterminowego (miesiące). Duże ilości energii, do przechowywania długoterminowego, można przechowywać w postaci energii chemicznej paliw, które są produkowane z wykorzystaniem energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych, takich jak turbiny wiatrowe czy panele solarne. W okresie letnim miesięczna produkcja z paneli fotowoltaicznych zainstalowanych w Polsce wynosi obecnie około 1 TWh. Obecnie jednak nie ma konieczności magazynowania tej energii, gdyż rolę kompensacyjną odgrywają źródła konwencjonalne. W przyszłości jednak, wraz ze wzrostem udziału źródeł odnawialnych, możliwości kompensacyjne się wyczerpią i wystąpi konieczność przechowywania energii w ilości sięgającej TWh. Jest to wielkość znacznie przekraczająca obecne i przewidywane pojemności zbiorników szczytowo-pompowych, które oceniane są na 0,1 TWh. Tymczasem, według danych przedstawionych na stronie domowej PGNiG, sumaryczna pojemność podziemnych zbiorników gazu ziemnego wynosi około 30 TWh.

Jedną z możliwości magazynowania energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych jest wykorzystanie procesu elektrolizy i przechowywanie wyprodukowanego wodoru. Ze względu na niską gęstość energii konieczne jest wykorzystanie w tym celu naturalnych formacji skalnych, jednak ze względu na wysokie zdolności dyfuzyjne wodoru jest to możliwe jedynie w wybranych formacjach. W dokumencie oszacowano sumaryczną pojemność zbiorników podziemnych w Europie na 40 TWh co jest wielkością niewystarczającą dla potrzeb gospodarki europejskiej. W związku z tym rysują się dwie możliwości magazynowania większych ilości energii. Pierwszą z nich jest zamiana wodoru na metan, co jednak wymaga dwutlenku węgla. Dwutlenek węgla jest co prawda produktem spalin powstałych ze spalania wyprodukowanego metanu, lecz spalanie metanu występuje w okresie niedoboru energii odnawialnej, produkcja natomiast – w okresach nadpodaży energii odnawialnej. Wykorzystanie metanu do magazynowania energii pociąga zatem za sobą konieczność międzysezonowego magazynowania dwutlenku węgla. Drugą możliwością jest synteza amoniaku z wykorzystaniem powszechnie dostępnego w atmosferze azotu.

W artykule podjęto próbę porównania opisanych dwóch metod międzysezonowego przechowywania energii pozyskanej ze źródeł odnawialnych.

Numerical modelling of transport phenomena in SOFC systems

Janusz S. Szmyd

AGH University of Krakow, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

e-mail: janusz.szmyd@agh.edu.pl

Słowa kluczowe: numerical modelling, transport phenomena, solid oxide fuel cells, steam reformer optimization, genetic algorithms

At the current level of energy consumption, the industrial-scale reserves of fossil fuels around the globe are sufficient for around 100 years more. The international projects involving fusion (ITER) or the exploitation of hydrates may yield answers allowing for practical, applicable solutions within 50 years, with actual implementation then following by the end of the 21st century. In the meantime, if global energy security is to be assured and levels of pollution reduced, it will be advisable to bring “third-generation” power-supply technologies into full(er) use in the upcoming years and Solid Oxide Fuel Cell (SOFC) has the potential to become one of the most important types of an energy conversion device.

However, high-temperature operation, thermal management of the SOFC system becomes an important issue. The temperature distribution is a critical factor in terms of cell lifespan, including degradation of electrodes microstructure. Proper thermal management requires detailed modelling, including numerical analysis of the transport phenomena within an SOFC system. Various mathematical models have been developed to solve transport equations coupled with electrochemical processes to describe the reaction kinetics accounting for internal reforming chemistry in SOFCs. In recent years, the SOFC technology has made significant progress – notably, in considering electrodes’ microstructure morphology, as well as in providing miniaturized and efficient methane steam reforming. A number of contributions on these critical topics will be discussed. The objective of this talk is to summarize the present status of the SOFC modelling efforts and their impact on understanding and optimization of SOFC systems.

Termodynamika i wymiana ciepła – jak nauczać i w jakim zakresie?

Tomasz S. Wiśniewski, Maciej Jaworski

Politechnika Warszawska, Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa, ul. Nowowiejska 21/25, 00-665 Warszawa

e-mail: tomasz.wisniewski@pw.edu.pl; maciej.jaworski@pw.edu.pl

Słowa kluczowe: termodynamika, wymiana ciepła, dydaktyka

Nasze blisko 40-letnie doświadczenie dydaktyczne w zakresie termodynamiki i wymiany ciepła na Wydziale Mechanicznym Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej skłania nas do szeregu refleksji; zwłaszcza, czy i jak modyfikować treści tych przedmiotów i w jaki sposób modyfikować metody nauczania. Rozważania te ograniczamy do przedmiotów nauczanych w Zakładzie Termodynamiki, a zatem termodynamiki I, II, III, termodynamiki nierównowagowej i statystycznej, wymiany ciepła I i II, numerycznej wymiany ciepła, wymiany ciepła w lotnictwie oraz analogicznych przedmiotów w języku angielskim.

W znacznej mierze przedmioty te są wykładane na pierwszych latach studiów. Zagadnienia z zakresu termodynamiki i wymiany ciepła są podstawą, prerekwizytami, dla wielu kolejnych przedmiotów specjalistycznych. Niestety, obecni studenci w większości są słabo przygotowani do studiów; należą do pokolenia przeświadczonych, że wszystkie informacje (łącznie z odpowiedziami na pytania egzaminacyjne) można znaleźć w Internecie. Większość z nich nie uczęszcza na wykłady, nie czyta podręczników ani nawet materiałów, które im udostępniamy. Wszakże nie chodzi o zdobycie wiedzy, ale o zaliczenie. Sytuacja zmienia się nieco na wyższych latach studiów. Młodzież dorośleje, zaczyna doceniać przydatność informacji, które im przekazujemy. Jednocześnie coraz więcej młodych osób podejmuje pracę – kosztem obecności na zajęciach akademickich. Czy nasze wysiłki, aby jeszcze bardziej zmodyfikować i uatrakcyjnić nasze przedmioty, mają sens?

W naszych dyskusjach związanych z modyfikacją programu studiów na kierunku energetyka często poruszane są kwestie przedmiotów podstawowych i praktycznych, a szczególnie ich proporcji lub wręcz obecności. Czy powinniśmy uczyć metod numerycznych w wymianie ciepła, czy tylko obsługi programów komercyjnych? Niektórzy studenci oczekują wyłącznie tego drugiego; taka koncepcja kształcenia w tym zakresie jest widoczna także u wielu nauczycieli akademickich.

Kolejnym problemem jest nacisk na wprowadzanie tzw. innowacyjnych form kształcenia, w szczególności chodzi o nauczanie przez projekty (Project Based Learning). Zalety tego podejścia są trudne do podważenia, ale czy jest ono skuteczne również przy nauczaniu przedmiotów podstawowych? W naszej ocenie przedmioty podstawowe, właśnie takie jak termodynamika czy wymiana ciepła (podobnie jak mechanika, wytrzymałość materiałów, elektrotechnika), mają dać wiedzę i umiejętności niezbędne przy rozwiązywaniu problemów, realizacji projektów w ramach przedmiotów bardziej zaawansowanych, kierunkowych i specjalnościowych. Potwierdza to analiza projektów wykonywanych przez studentów wczesnych semestrów, studentów bez przygotowania podstawowego, którzy proponują rozwiązania daleko odbiegające od wymagań stawianych studentom uczelni technicznych, bazujące na przypadkowo dobieranych technikach/technologiach (z technologii wytwórczych najczęściej znany jest jedynie druk 3D), nieoparte analizami obliczeniowymi, bo te jeszcze nie są znane i przećwiczone.

Napędy detonacyjne

Piotr W. Wolański

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa, Al. Krakowska 110/114, 02-256 Warszawa

e-mail: piotr.wolanski@ilot.lukasiewicz.gov.pl

Słowa kluczowe: silniki raketowe, spalanie detonacyjne

W Polsce od ponad 20 lat prowadzone są badania teoretyczne i doświadczalne procesu wirującej detonacji zarówno w aspekcie jej stosowania do silników turbinowych, przepływowych, jak i raketowych. Początkowo badania te były prowadzone tylko w Instytucie Techniki Ciepłej Politechniki Warszawskiej, a od ponad 13 lat również w Instytucie Lotnictwa, obecnie w Sieci Badawczej Łukasiewicza – Instytucie Lotnictwa.

Wykorzystanie spalania detonacyjnego w silnikach umożliwia uzyskanie większej sprawności oraz budowę bardziej zwartej komory spalania. W silnikach turbinowych czy przepływowych dodatkowo znacznie obniżona zostaje emisja tlenków azotu. W wystąpieniu omówione będą najważniejsze aspekty związane z rozwojem tych silników, a w szczególności badania prowadzące do praktycznego wykorzystania tego procesu w silnikach lotniczych, raketowych oraz w urządzeniach energetycznych.



Rys. 1. Start pierwszej w świecie rakiety doświadczalnej napędzanej detonacyjnym silnikiem zasilanym ciekłymi materiałami pędnymi, na poligonie WITU w Zielonce w dniu 15 września 2021.

Fot. P. W. Wolański <https://ilot.lukasiewicz.gov.pl/pierwszy-na-swiecie-start-rakiety-napedzanej-silnikiem-detonacyjnym/>

Abstrakty referatów w sesjach posterowych regularnych

Zastosowanie amoniaku jako paliwa do napędu silników tłokowych

Wojciech P. Adamczyk¹, Grzegorz Przybyła¹, Ebrahim Nadimi¹, Grzegorz Peczkis¹, Terese Løvås², Karolina Petela¹, Mateusz Proniewicz¹, Michał Pasternak³, Michał Lewandowski², David Emberson², Karl Bjørgen², Bartłomiej Rutczyk¹, Andrzej Sachajdak¹

¹ Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, ul. S. Konarskiego 18, 44-100 Gliwice

² Norwegian University of Science and Technology, Postboks 8900, NO-7491 Trondheim, Torgarden, Norway

³ LOGE Polska, ul. Wały Dwernickiego 117/121, 42-200 Częstochowa

e-mail wojciech.adamczyk@polsl.pl

Słowa kluczowe: amoniak, OZE, magazynowanie, silniki ZS, kogeneracja

Skokowy wzrost udziału energii odnawialnej w miksie energetycznym kraju powoduje konieczność znalezienia skutecznej technologii magazynowania nadwyżek energii z OZE. Trwające prace nad wykorzystaniem wodoru jako nośnika i magazynu energii ujawniły znaczące trudności związane głównie z jego magazynowaniem. Alternatywą dla wodoru jest amoniak, który w stanie ciekłym może być przechowywany już przy nadciśnieniu ok. 10 bar i temperaturze otoczenia 25°C, co wpisuje się w tematykę obszaru obejmującego wsparcie infrastruktury energetycznej, w tym magazynowania energii.

Ciekły amoniak charakteryzuje się dużą gęstością objętościową energii chemicznej. Jako medium korozyjne, wybuchowe i toksyczne amoniak wymaga zachowania odpowiednich procedur bezpieczeństwa. Ponieważ jest produkowany w przemyśle nawozów azotowych na masową skalę już od ponad stu lat, przemysł chemiczny wypracował skuteczne procedury pracy z tym związkami. Amoniak może być wytwarzany z wykorzystaniem OZE jako zielony amoniak, co pozwoli na wsparcie produkcji energii ze źródeł odnawialnych, tym samym ograniczając emisję CO₂.

Amoniak wytworzony przy użyciu zielonej energii elektrycznej może być łatwo magazynowany w okresie lata, a następnie wykorzystywany w okresie zimowym. Wykorzystanie zmagazynowanego zielonego amoniaku do wytwarzania ciepła i energii elektrycznej w układach skojarzonych lub hybrydowych (dwupaliwowych) umożliwi poprawę efektywności energetycznej i redukcję emisji gazów cieplarnianych oraz dostosowanie układów ciepłowniczych do wprowadzanych przez UE ograniczeń emisji CO₂.

W ramach prac opracowano technologię umożliwiającą wykorzystanie amoniaku jako paliwa do napędu silnika tłokowego. Stosowanie silników tłokowych daje możliwość budowy rozwiązania wyspowego. W zależności od potrzeb mogą one być szybko uruchamiane, pracując na zielonym paliwie. Dodatkowo dzięki opracowanej technologii wykorzystania bezpośredniego wtrysku amoniaku do silnika o zapłonie samoczynnym możliwe jest zmniejszenie wskaźnika awaryjności poprzez płynne dostosowywanie się systemu sterowania do danych warunków.

Podziękowania

Badania finansowane w ramach programu PolNorCall 2019, dla projektu ACTIVATE NOR/POLNOR/ ACTIVATE/0046/2019-00.

Stereo-micro PIV (2D3C) przepływu w modelu mikrokanalu utworzonego z wykorzystaniem druku 3D

Arkadiusz Antonowicz^{1,2}, Łukasz Makowski², Jan Wajs³

¹ Eurotek International Sp. z o.o., ul. Skrzetuskiego 6, 02-726 Warszawa

² Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Chemicznej i Procesowej, ul. Waryńskiego 1, 00-645 Warszawa

³ Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa, ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

e-mail: aantonowicz@eurotek.com.pl

Słowa kluczowe: micro PIV, stereo PIV, druk 3D, mikrokanal, EFD

Badanie pól prędkości płynów w złożonych geometriach z mechaniczną niedostępnością przy użyciu nieinwazyjnych metod wizualizacji stało się możliwe w mikroskali dzięki rozwojowi technologii i odpowiedniemu procesowi drukowania 3D. W niniejszej pracy badano przepływ gliceryny i roztworu wodnego w nieregularnym mikrokanale o średnicy w zakresie 1–4 mm. Jodek sodu (NaI) został użyty do dostosowania współczynnika załamania światła (RI) roztworu do współczynnika załamania światła przedmiotu wydrukowanego w 3D w celu zmniejszenia zniekształceń optycznych, dodano także gumę ksantanową (XG), aby nadać właściwości nienewtonowskie. Wyniki uzyskane przy użyciu metody *particle image velocimetry* (PIV) są porównywalne z wynikami obliczeniowej mechaniki płynów (ang. *computational fluid dynamics*, CFD) w tych samych warunkach. Porównywane mogą być parametry takie, jak: uśredniony rozkład prędkości, położenie maksymalnej prędkości, profile wzdłuż przepływu i inne wartości pochodne map wektorowych.

Najnowsze badania z wykorzystaniem mikroskopu stereoskopowego pozwoliły na pomiar złożonych trójwymiarowych przepływów i uzyskanie pełnej informacji o trzech składowych wektora prędkości z badanego obszaru (2D–3C). Wyniki przedstawiono w postaci kodowanych kolorami map wektorowych z przekroju osiowego modelu biomedycznego wydrukowanego na drukarce 3D z transparentną żywicą. Uzyskana rozdzielczość pomiarowa jest lepsza niż $50 \times 50 \mu\text{m}$ na pojedynczy wektor.

Jest to prawdopodobnie pierwszy pomiar stereo-micro PIV z wykorzystaniem druku 3D na świecie.

Badanie miało na celu znalezienie najlepszego rozwiązania przy użyciu technologii druku 3D do pomiarów PIV danych geometrii obiektów nieopisywalnych numerycznie. Zastosowana metodologia wskazuje na duży potencjał wybranej technologii druku 3D oraz materiału do drukowania trudnych geometrii. Jednym z przykładów jest zmierzony w tym projekcie model ludzkiej tętnicy z przewężeniem miażdżycowym uzyskany poprzez skan tomografii komputerowej pacjenta. Dzięki tym pomiarom możliwe będzie lepsze zrozumienie zjawisk zachodzących w ludzkim organizmie oraz lepsze ich prognozowanie.

Analiza możliwości repoweringu bloków siłowni parowych z wykorzystaniem turbin gazowych

Krzysztof Badyda, Artur Harutyunyan, Marcin Wołowicz

Politechnika Warszawska, Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa, ul. Nowowiejska 21/25, 00-665 Warszawa

e-mail: krzysztof.badyda@pw.edu.pl; arturharutyunyan1983@gmail.com; marcin.wolowicz@pw.edu.pl

Słowa kluczowe: modelowanie własności termodynamicznych, repowering, turbina gazowa, układ gazowo-parowy

W infrastrukturze energetyki w Polsce dominującą pozycję wśród źródeł energii zajmują wciąż bloki siłowni parowych opalanych węglem. Nacisk na odejście od spalania węgla w celu wytwarzania energii elektrycznej jest w społeczności międzynarodowej niezwykle silny. W miksie źródeł energii pierwotnej dla energetyki bardzo intensywnie rośnie udział źródeł odnawialnych, przede wszystkim tych, które charakteryzują się dynamicznymi zmianami możliwości generacyjnych. Zgodnie z danymi publikowanymi na stronie internetowej Polskich Sieci Elektroenergetycznych w roku 2022 łączny udział energii wygenerowanej przez elektrownie wiatrowe oraz fotowoltaiczne osiągnął średniorocznie poziom 16,4% krajowego zużycia. Maksymalna średniogodzinowa moc tych źródeł osiągnęła 10 610 MW, minimalna zaś wynosiła 33,7 MW. Tak silna zmienność generacji OZE skutkuje koniecznością kompensowania obciążenia pracą źródeł określanych w energetyce mianem sterowalnych. Bloki węglowe cechują się ograniczoną elastycznością zmian obciążenia; znacznie lepsze pod tym względem są instalacje wyposażone w turbiny gazowe. Warunkiem uzyskiwania wysokiej, konkurencyjnej w stosunku do współczesnych jednostek węglowych sprawności termodynamicznej jest rozwiązanie polegające na budowie układów gazowo-parowych. W Polsce realizuje się szereg inwestycji w nowe jednostki tej kategorii.

Alternatywą jest repowering jednostek istniejących, zawierający się również w planach dla niektórych jednostek istniejących, możliwy do realizacji w kilku wariantach. Pula możliwości została przedstawiona w literaturze.

W niniejszym opracowaniu omówiono koncepcje repoweringu bloków parowych do układów gazowo-parowych wraz z analizą parametrów termodynamicznych oraz możliwych do uzyskania osiągnięć. Do obliczeń wykorzystano oprogramowanie GateCycle, Aspen HYSYS oraz SIPEP. Uwzględniono warunki obliczeniowe oraz od nich odbiegające (*off-design*), związane z pracą w warunkach zmienionego obciążenia. Kompleksowe ujęcie zagadnienia repoweringu, w tym w nietypowych aplikacjach, stanowi o nowości prezentowanej problematyki.

Analiza efektywności pracy binarnej siłowni ORC z zeotropowym czynnikiem organicznym

Michał Bańkowski, Sławomir Wiśniewski

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki, al. Piastów 70, 70-310 Szczecin

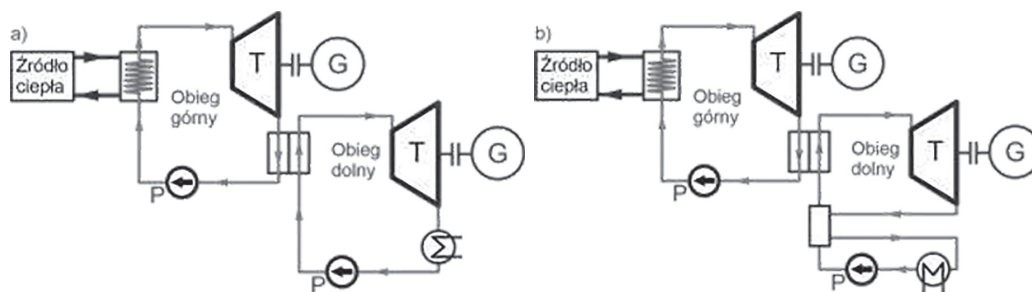
e-mail: michal_bankowski@wp.pl; slawomir.wisniewski@zut.edu.pl

Słowa kluczowe: obieg ORC, siłownia binarna, obieg górny, obieg dolny, mieszaniny zeotropowe

W opracowaniu przedstawiono analizę efektywności pracy binarnej siłowni ORC z zeotropowym czynnikiem niskowrzącym. Poglądowe schematy analizowanego układu zaprezentowano na rys. 1. Dla binarnej siłowni ORC przyjęto założenie, że w obiegu górnym czynnikiem roboczym jest zeotropowa mieszanina czynników organicznych, a w obiegu dolnym czynnik organiczny z grupy czynników suchych. Obieg górny jest sprzężony cieplnie z obiegiem dolnym za pomocą wymiennika typu skraplacz–parowacz. Takie sprzężenie pozwala na wykorzystanie ciepła skraplania z obiegu górnego do podgrzania i odparowania czynnika w obiegu dolnym. Z uwagi na zastosowanie w obiegu dolnym czynnika obiegowego z grupy czynników suchych w analizie uwzględniono dwa warianty siłowni binarnej: pierwszy z obiegiem dolnym bez zastosowania regeneracji ciepła (rys. 1a) oraz drugi z wymiennikiem ciepła umożliwiającym odzysk ciepła z pary opuszczającej turbinę obiegu dolnego (rys. 1b). Zastosowanie tego wymiennika jest możliwe z uwagi na fakt, że dla czynnika suchego para po rozprężeniu jest nadal parą przegrzaną o temperaturze wyższej od temperatury skraplania w obiegu dolnym.

Na podstawie wcześniejszych analiz przyjęto, że w górnym obiegu przeanalizowane zostaną wybrane czynniki zeotropowe z serii 400. Zastosowanie czynnika zeotropowego powoduje, że przemiany parowania i skraplania w obiegu górnym odbywają się w poślizgim temperaturowym. Z tego względu w obiegu dolnym założono, że odparowanie czynnika niskowrzącego odbywa się w obszarze bliskopodkrytycznym, co oznacza, że temperatura tej przemiany jest o kilka K niższa od temperatury w punkcie krytycznym.

Głównym celem analizy jest wykazanie wpływu zastosowania czynnika zeotropowego w obiegu górnym siłowni przy jednoczesnym zastosowaniu w obiegu dolnym procesu odparowania niskowrzącego czynnika organicznego przebiegającego w obszarze bliskopodkrytycznym na efektywność pracy siłowni binarnej.



Rys. 1. Poglądowe schematy binarnej siłowni ORC

Modeling of RESHeat system operation in TRNSYS simulation software

Filip Bartyzel, Paweł Ocoń

Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, al. Jana Pawła II 37, 31-864 Kraków

e-mail: pawel.ocon@pk.edu.pl; filip.bartyzel@doktorant.pk.edu.pl

Keywords: renewable energy systems, building heating/cooling, solar energy, energy storage

The paper presents a mathematical model of RESHeat system installed in Cracow, Poland. The demo site consists of 24 apartments. The building was built in 2013 year. The RESHeat system contains the following components: 8 sun-tracked solar collectors, 2 sun-tracked PVT modules, underground energy storage unit with capacity of 50 m³, 15 boreholes with 100 m length each and water to water heat pump. The system covers 100% of the building heat demand by renewable energy.

The simulation of the system is performed using TRNSYS software. The individual components of the system are validated with experimental data. The results shown that it is possible to achieve the seasonal heat pump coefficient of performance (COP) with a value higher than 4.

The major novelty of the proposed system is that it allows efficient utilisation of waste heat from PVT modules, to regenerate the ground, as well as to utilize of high capacity of underground storage to maintain the stable temperature of heat pump heat source. Actually the system is implemented in Cracow City, the building of Municipal Buildings Authorities ZBK, with expected start of operation at the beginning of the June. Therefore, the RESHeat project will cover at least one full heating season of the system operation. The measurements of the system performance will be made, and presented during the conference.

Charakterystyka wymiany ciepła w wymienniku ciepła ze złożem fluidalnym

Artur Błaszczuk¹, Szymon Jagodzik²

¹ Politechnika Częstochowska, Wydział Infrastruktury i Środowiska, ul. J.H. Dąbrowskiego 73, 42-200 Częstochowa

² Tauron Wytwarzanie SA, Oddział Elektrownia Łagisza, ul. Pokoju 14, 42-504 Będzin

e-mail: artur.blaszczuk@pcz.pl; szymon.jagodzik@tauron-wytwarzanie.pl

Słowa kluczowe: wymiennik ciepła, współczynnik przejmowania ciepła, złożo fluidalne, mechanistyczny model wymiany ciepła, reżim fluidyzacji

W niniejszej pracy przeprowadzono badania eksperymentalne mające na celu scharakteryzowanie procesu wymiany ciepła pomiędzy gęstym złożem fluidalnym a poziomymi pęczkami rur w przemysłowym wymienniku ciepła. Autorzy wykonali testy dla szerokiego zakresu wymiaru ziaren złoża, od ziaren drobnych ($d_p = 0,219$ mm) do grubych ($d_p = 0,444$ mm), co pozwoliło rozszerzyć zakres stosowalności mechanistycznego modelu wymiany ciepła opartego na teorii Mickleya i Faibanksa. Ponadto przy analizie wymiany ciepła uwzględniono jednocześnie reżim hydrodynamiczny przepływu dwufazowego oraz konfigurację/geometrię pęczka rur. Takie podejście dało możliwość dokładniejszego określenia charakterystyki wymiany ciepła dla złoża fluidalnego w warunkach przemysłowych.

Na podstawie testów operacyjnych przeprowadzonych w warunkach zmiennego obciążenia cieplnego zarejestrowane dane procesowe z fluidalnego wymiennika ciepła zostały wykorzystane do przewidywania średniego współczynnika przejmowania ciepła. Charakterystyka wymiany ciepła jest rozpatrywana pod kątem występujących mechanizmów wymiany ciepła, takich jak: konwekcja od fazy emulsyjnej, konwekcja od fazy gazowej, a także promieniowanie cieplne. Uzyskane dane na temat wymiany ciepła w dużej skali technicznej pokazują, że dynamika mieszania fazy emulsyjnej (tj. czas kontaktu fazy emulsyjnej z powierzchnią wymiany ciepła oraz udział pęcherzy gazu w złożu i na powierzchni wymiany ciepła) i gęstość zawiesiny były parametrami, które miały zasadniczy wpływ na uzyskane wartości średniego współczynnika przejmowania ciepła, w odróżnieniu od wymiaru ziaren złoża.

Z uwagi na niewystarczające dane literaturowe dla wymienników ciepła w dużej skali technicznej autorzy zaproponowali zależności empiryczne do prognozowania średniego współczynnika przejmowania ciepła. Na podstawie charakterystyki wymiany ciepła w wymienniku ze złożem fluidalnym można było wskazać optymalne warunki eksploatacyjne, w których najintensywniej zachodzi proces wymiany ciepła pomiędzy gęstym złożem fluidalnym a poziomymi pęczkami rur. Walidacja opracowanego mechanistycznego modelu wymiany ciepła została przeprowadzona przy wykorzystaniu danych eksperymentalnych. Mechanistyczny model wymiany ciepła przewidywał średni współczynnik przejmowania ciepła w wystarczającej, dobrej zgodności z danymi doświadczalnymi oraz dostępnymi danymi literaturowymi w rozpatrywanych warunkach operacyjnych.

Analiza numeryczna i eksperymentalna akumulatora chłodu wykorzystującego zjawiska przemian fazowych

Marcin Borcuch¹, Kamil Pięta²

¹ M.A.S. Sp. z o.o., Dział Badawczo-Rozwojowy, ul. Składowa 34, 27-200 Starachowice

² Wydział Energetyki i Paliw, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

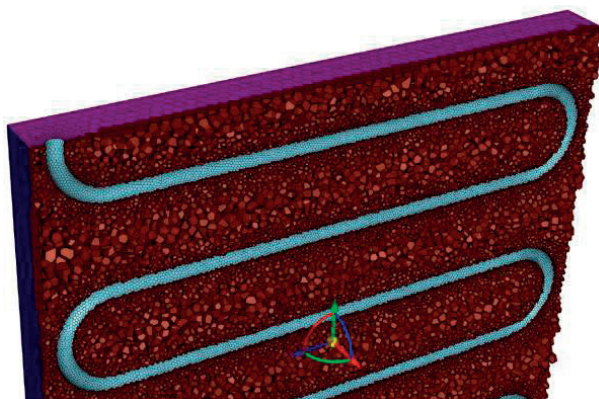
e-mail: marcin.borcuch@mas-sp.pl; pietakamil0@gmail.com

Słowa kluczowe: chłodnictwo, magazynowanie energii, modelowanie CFD, akumulacja chłodu

Magazynowanie energii w chłodnictwie to jeden z kierunków rozwoju branży, odpowiadający m.in. na potrzebę wyrównania profili popytu na chłód i podaży zasilania generowanego z wykorzystaniem OZE. Wykorzystanie zjawisk zmiennofazowych pozwala na ograniczenie pojemności i masy zasobnika poprzez uzyskanie zwiększonej gęstości magazynowanej energii.

W pracy przedstawiono metodykę modelowania numerycznego zjawisk krzepnięcia wody oraz topnienia lodu przy wykorzystaniu oprogramowania ANSYS Fluent w celu opracowania konstrukcji wymiennika ciepła będącego głównym elementem składowym rozwijanego akumulatora chłodu bazującego na zjawisku przemiany fazowej (rys. 1). Stworzono model laminarny sprzężony z autorskim algorytmem obliczającym wielkości kroku czasowego, zapewniający stabilność obliczeń, dzięki któremu zredukowano czas obliczeń przy jednoczesnym spełnieniu kryterium dla parametru bezwymiarowego, jakim jest liczba Couranta.

Wykorzystując opracowane metody, przeprowadzono obliczenia w odniesieniu do pełnowymiarowego magazynu ciepła wykorzystującego zjawisko przemiany fazowej wody w celu zapewnienia 15 kWh pojemności cieplnej.



Rys. 1. Siatka numeryczna zastosowana do obliczeń proponowanej konstrukcji magazynu chłodu

W dalszej części projektu prowadzono badania eksperymentalne na magazynie o konstrukcji bazującej na opracowanym modelu, w trakcie których dla określonych parametrów zasilania uzyskano całkowite wymrozenie objętości wodnej badanego zasobnika.

Podziękowania

Artykuł został opracowany w ramach projektu POIR.01.01.01-00-0628/19 pt. „Opracowanie innowacyjnej, wielomodułowej chłodni o zwiększonej efektywności energetycznej”, realizowanego przez M.A.S. Sp. z o.o., dofinansowanego z Funduszy Europejskich z Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014–2020, Działanie 1.1. Projekty B+R Przedsiębiorstw, Poddziałanie 1.1.1. Badania przemysłowe i prace rozwojowe realizowane przez przedsiębiorstwa.

Rozkład temperatury gazu w parownicy silnika turbodrzutowego GTM400

Łukasz Brodzik

Politechnika Poznańska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, ul. Piotrowo 3, 60-965 Poznań

e-mail: lukasz.brodzik@put.poznan.pl

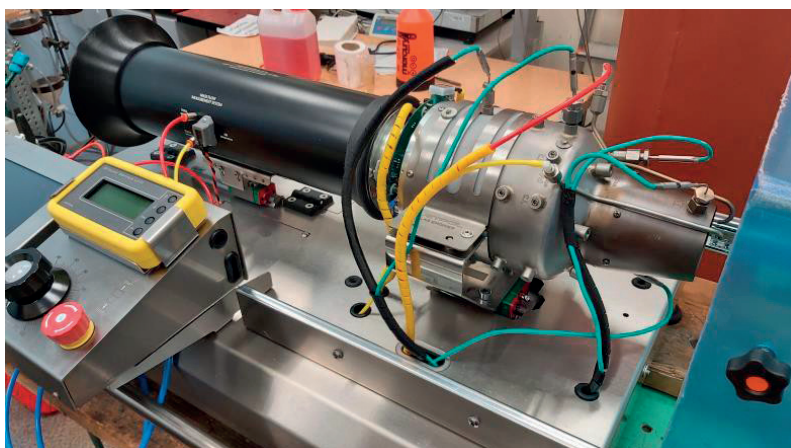
Słowa kluczowe: silnik turbodrzutowy, komora spalania

Miniaturowe silniki turbodrzutowe są źródłem coraz większego zainteresowania projektantów. Jest to spowodowane przede wszystkim ciągłym wzrostem produkcji samolotów bezałogowych, których napęd w większości stanowią silniki elektryczne oraz spalinowe silniki tłokowe. Mimo relatywnie dużego zużycia paliwa mają duży zapas ciągu, co sprawia, że są atrakcyjne we wszystkich obszarach, w których ten parametr jest ważny. W przypadku miniaturyzacji tych silników dodatkową zaletę stanowi upraszczanie ich konstrukcji w stosunku do pełnowymiarowych odpowiedników.

W pracy zbadano temperatury w parownicach, które występują w małych silnikach turbodrzutowych. Parownice są tą częścią silnika, do której wtryskiwane jest paliwo. Jest ono transportowane wraz z częścią powietrza do wnętrza komory spalania. Szczególna rola parownic polega na tym, że dochodzi w nich do odparowywania paliwa, dzięki czemu na wylocie powstaje gazowa mieszanka powietrzno-paliwowa. Badanie temperatury w takich miejscach umożliwia wskazanie obszarów o niższych i wyższych temperaturach, które mogą informować o tym, czy proces odparowania paliwa przebiega prawidłowo albo który obszar silnika jest bardziej rozgrzany.

Na podstawie badań przedstawiono zmiany temperatury w sześciu parownicach przy wykorzystaniu jednorazowo dwóch punktów pomiarowych. Analiza wykazała, że zarejestrowane wartości istotnie się różniły w zależności od miejsca pomiarowego.

W opracowaniu zaprezentowano wyniki pomiarów przeprowadzonych w silniku turbodrzutowym GTM400 o zmienionej geometrii komory spalania (rys. 1). Przyczyną zmiany geometrii było zamontowanie dodatkowych punktów pomiarowych w parownicach.



Rys. 1. Stanowisko pomiarowe silnika GTM400

Podziękowania

Badania wykonywane przy użyciu stanowiska silnika GTM400 zostały wsparte przez Ministerstwo Edukacji i Nauki.

Intensyfikacja transportu ciepła w wymienniku krzyżowoprądowym poprzez sterowanie dopływem powietrza

Tomasz Bury, Małgorzata Hanuszkiewicz-Drapała

Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, ul. S. Konarskiego 22, 44-100 Gliwice

e-mail: tomasz.bury@polsl.pl; malgorzata.hanuszkiewicz-drapala@polsl.pl

Stowa kluczowe: krzyżowoprądowy, ożebrowany rurowy wymiennik ciepła, nierównomierność przepływu czynników

Praca poświęcona jest analizie procesów nierównomiernego przepływu czynników w krzyżowoprądowym, ożebrowanym wymienniku ciepła. Jest to wymiennik jednorzędowy woda–powietrze, zbudowany z eliptycznych ożebrowanych rur. Wcześniejsze badania eksperymentalne wykazały, że naturalny rozptył czynników ma charakter nierównomierny i wpływa niekorzystnie na strumień ciepła przekazywanego w wymienniku w porównaniu z hipotetycznym, symulowanym numerycznie przepływem równomiernym. Wyniki prac wykazują, że sterowanie rozptyłem powietrza może powodować wzrost wydajności cieplnej wymiennika. W rozważanych przypadkach ideą sterowania było skierowanie zwiększonego strumienia powietrza w obszar króćca dolotowego wody, gdzie występuje największa różnica temperatury wody i powietrza. Proces ten realizowano przy wykorzystaniu metalowych pionowych wkładek powodujących odpowiedni rozptył strumienia powietrza. Badano wymiennik jednorzędowy i dwurzędowy. Analizy symulacyjne wykonane przy wykorzystaniu programu ANSYS Fluent wykazały ponadto, że strumienie wody przepływające przez poszczególne rury wymiennika nie są jednakowe, co jest związane z oporami hydraulicznymi w układzie króćca dolotowego. Wyniki wspomnianych badań wskazują na zasadność zbadania działania wymiennika w warunkach sterowania strumieniem powietrza w układzie poziomym. Problem taki podjęto w niniejszej pracy. Założono, że skierowanie większego strumienia powietrza w obszar rur, przez który przepływa większy strumień wody, może pozytywnie wpływać na wydajność analizowanego urządzenia. Badania mają charakter eksperymentalny i symulacyjny. Pomiary umożliwiają wyznaczenie wydajności cieplnej wymiennika w przypadku zastosowania elementów sterujących dopływem powietrza oraz w warunkach nierównomiernego, naturalnego dopływu czynników. Opracowany wcześniej model numeryczny pozwala wyznaczyć rozptył strumienia wody pomiędzy poszczególne rury wymiennika, niezbędny w procesie sterowania dopływem powietrza. Rezultaty badań umożliwiają ocenę wpływu zastosowanego sterowania rozdziałem strumienia powietrza na wydajność cieplną wymiennika poprzez porównanie z przypadkiem przepływu nierównomiernego o charakterze naturalnym.

Podziękowania

Praca finansowana z subwencji badawczej Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej.

Osiedla dodatnie energetycznie – możliwości realizacji w kraju

Dorota Chwieduk

Politechnika Warszawska, Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa, ul. Nowowiejska 21/25, 00-665 Warszawa

e-mail: dorota.chwieduk@pw.edu.pl

Słowa kluczowe: osiedla dodatnie energetycznie, fotowoltaika, pompy ciepła, mikrosystemy energetyczne

Realizacja osiedli dodatnich energetycznie (ang. *positive energy districts*, PED) została uznana przez Komisję Europejską za jeden z elementów dziesięciu kluczowych obszarów działania w ramach Planu Strategicznych Technologii Energetycznych (SET Plan), który identyfikuje rozwiązania niezbędne do szybkiej i efektywnej transformacji sektora energetycznego państw UE w celu osiągnięcia dekarbonizacji gospodarki państw UE w 2050 r. Miasta europejskie zużywają ponad 70% energii końcowej, stąd też duży nacisk kładzie się na oszczędność energii i poszanowanie środowiska właśnie w miastach. Osiedla PED mają się charakteryzować zerowym rocznym importem energii netto i zerową roczną emisją CO₂ netto. Niniejsza praca prezentuje jedną z możliwości realizacji osiedla PED w warunkach krajowych.

W dużych miastach gospodarka energetyczna jest silnie scentralizowana. Dostarczanie ciepła do odbiorców końcowych odbywa się za pośrednictwem rozbudowanych centralnych systemów ciepłowniczych, które wymagają kompleksowej modernizacji. Jednocześnie w miastach pojawiają się nowi odbiorcy, a same miasta „rozlewają się” szeroko poza swoje dotychczasowe granice. Nowe obszary nie mają dostępu do istniejącego scentralizowanego systemu ciepłowniczego miast, a doprowadzanie tam istniejących sieci jest nieopłacalne energetycznie i ekonomicznie. Jediną siecią energetyczną dostępną na obrzeżach miast jest sieć elektroenergetyczna. W takiej sytuacji cele grzewcze budynków w nowych osiedlach mogą być zaspokajane poprzez wykorzystanie energii elektrycznej, przy czym najbardziej efektywne energetycznie i ekonomicznie jest zastosowanie pomp ciepła. Co więcej, można też osiągnąć znaczne oszczędności w zużyciu energii pierwotnej, jeżeli energia do napędu pomp ciepła pochodzi z instalacji fotowoltaicznych. Zwykle pojedyncze budynki są wyposażone we własne pompy ciepła i własne instalacje fotowoltaiczne.

Przeprowadzono szacunkową analizę zużycia energii przez hipotetyczne nowe osiedle mieszkaniowe zlokalizowane na obrzeżach miasta (Warszawy). Rozważono dwa podstawowe warianty konfiguracji i funkcjonowania instalacji grzewczej. W pierwszym wariantcie zapotrzebowanie na ciepło i energię elektryczną jest zaspokajane przez indywidualne pompy ciepła i instalacje fotowoltaiczne, zlokalizowane i zwymiarowane oddzielnie dla każdego z budynków tworzących miniosiedle podmiejskie. W drugim wariantcie osiedle jest wyposażone w jedną centralną pompę ciepła z centralnymi zasobnikami ciepła i jedną wspólną instalację fotowoltaiczną. Miniosiedle składa się z 12 piętrowych domków (każdy o powierzchni 120 m²) o dachach pochylonych pod kątem 30° i zwróconych na południe (i północ). Obliczenia generacji energii z modułów fotowoltaicznych i zużycia energii prowadzono w skali całego roku. Całkowite roczne zużycie energii elektrycznej do napędu pomp ciepła wynosi 37,2 MWh, a do potrzeb oświetlenia i odbiorników domowych 52,8 MWh. Zainstalowane moduły fotowoltaiczne mogą wygenerować około 96 MWh energii elektrycznej, co oznacza spełnienie warunku zakwalifikowania osiedla jako dodatniego energetycznie. Ponadto obliczono, że energia elektryczna generowana przez systemy fotowoltaiczne może rocznie zaspokoić około 25% (wariant indywidualnych systemów OZE w budynku) lub 35–40% (wariant zintegrowanych wspólnych systemów OZE dla wszystkich budynków) zapotrzebowania na energię bezpośrednio na miejscu (autokonsumpcja).

Badanie jednorodności cieplnej kompozytów z wykorzystaniem termografii w podczerwieni

Łukasz Cieślikiewicz¹, Fabian Dietrich¹, Paulina Latko-Durątek², Kamila Sałasińska², Paweł Durątek², Anna Boczkowska², Piotr Łapka¹

¹ Politechnika Warszawska, Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa, ul. Nowowiejska 21/25, 00-665 Warszawa

² Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Materiałowej, ul. Wołoska 141, 02-507 Warszawa

e-mail: lukasz.cieslikiewicz@pw.edu.pl; fabian.dietrich.dokt@pw.edu.pl; paulina.latko@pw.edu.pl; kamila.salasinska@pw.edu.pl; pawel.duralek@pw.edu.pl; anna.boczkowska@pw.edu.pl; piotr.lapka@pw.edu.pl

Stowa kluczowe: kompozyty polimerowe, usieciowany polietylen, makrohomogeniczność struktury, kamera termowizyjna, przewodność cieplna

Kompozyty polimerowe to materiały powstałe przez połączenie osnowy polimerowej z napełniaczem w celu otrzymania materiału o znacząco lepszych właściwościach lub nadania mu nowych funkcjonalności. Polimery wykazują bardzo małą przewodność cieplną, dlatego modyfikuje się je napełniaczami charakteryzującymi się wysokim współczynnikiem przewodzenia ciepła. Do najbardziej popularnych zaliczają się proszki metali, np. miedzi, srebra, niklu, napełniacze węglowe, np. grafit, sadza, nanorurki, krótkie włókna węglowe, i napełniacze ceramiczne, np.: azotek boru. Aby otrzymać pożądane cechy kompozytu polimerowego, takie jak jednorodna przewodność cieplna, napełniacz musi być równomiernie rozdyspergowany i rozmieszczony w osnowie polimerowej. W przypadku napełniaczy w skali nano konieczne jest rozbitcie ich aglomeratów w procesie wytwarzania.

Jedną z metod umożliwiających ocenę jednorodności materiałów jest – obok technik mikroskopowych – termografia w podczerwieni. Pozwala ona na badanie struktury materiału poprzez obserwację pola temperatury na jego powierzchni. Należy do metod nieniszczących i wymaga jedynie wymuszenia przepływu ciepła przez materiał, np. poprzez jego rozgrzanie lub ochłodzenie z jednej strony i wymianę ciepła z otoczeniem z drugiej strony. Niejednorodność pola temperatury na powierzchni badanego obiektu świadczy o niejednorodnych właściwościach cieplnych materiału, a te związane są z niejednorodnym rozmieszczeniem napełniacza w osnowie.

W pracy przeprowadzono analizę jednorodności siedmiu materiałów kompozytowych, w których osnową był usieciowany polietylen (PEX) przeznaczony do wytwarzania rur na sondy geotermalne, napełniaczami poprawiającymi jego właściwości cieplne były zaś różne dodatki ceramiczne oraz węglowe (m.in.: azotek boru, grafit, nanorurki węglowe, grafit syntetyczny). Dodatkowo badaniu poddano próbki wykonane z czystego PEX jako materiału referencyjnego. Próbki do badań zostały wytworzone metodą wylączania dwuślimakowego, a następnie prasowania termicznego do formy płytek o wymiarach 10×10 cm. Badania jednorodności próbek przeprowadzono z użyciem stanowiska wykorzystującego wymienniki ciepła w formie bloków wodnych podłączone do łaźni cyrkulacyjnej jako źródło ciepła oraz kamerę termowizyjną FLIR 1020. Na podstawie pomiarów wykonano analizę jakościową i ilościową jednorodności struktury badanych materiałów kompozytowych.

Analiza pozwoliła ocenić, czy zastosowane procesy wytwarzania kompozytów PEX z różnymi napełniaczami użytymi w celu poprawy przewodności cieplnej pozwoliły na uzyskanie makroskopowo homogenicznej struktury kompozytu. Wyniki skorelowano z obrazami mikrostruktury kompozytów otrzymanymi za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego. W literaturze nie znaleziono podobnych badań dotyczących analizowanych kompozytów PEX, zatem niniejsza analiza pozwala wypełnić lukę w istniejącym stanie wiedzy.

Wpływ doprowadzenia wodnego roztworu mocznika do procesu spalania kotła grzewczego na paliwa stałe na emisję substancji szkodliwych

Bartosz Ciupek

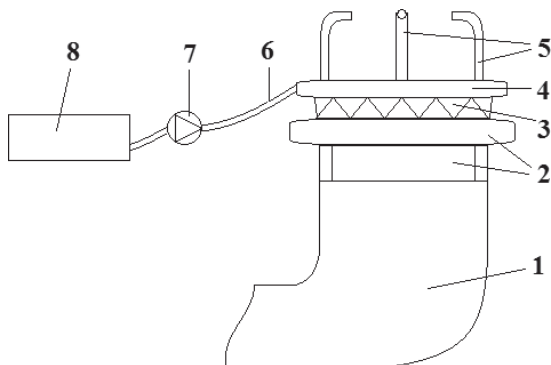
Politechnika Poznańska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, ul. Piotrowo 5, 61-138 Poznań

e-mail: bartosz.ciupek@put.poznan.pl

Słowa kluczowe: paliwa stałe, mocznik, emisja, kotły

Niniejsza praca dotyczy wyników badań związanych ze zmianą parametrów cieplnych i emisyjnych kotła grzewczego na paliwa stałe po wprowadzeniu wodnego roztworu mocznika podczas spalania paliw kopalnych (węgiła kamiennego i brunatnego) oraz biomasy drzewnej (pellet z trocin sosnowych i bukowych). Wyniki badań dają wgląd w proces spalania z doprowadzonym wodnym roztworem mocznika (32,5% mocznika i 67,5% wody), który w istotny sposób wpłynął na zmianę składu chemicznego spalin: przyczynił się do obniżenia stężenia masowego emitowanych tlenków azotu (NO_x) względem procesu spalania bez roztworu mocznika. Roztwór wodny mocznika jest substancją bezpieczną (nie pali się ani nie wybucha). Do przeprowadzenia badań wykorzystano kocioł z automatycznym układem podawania paliwa, wyposażony w palnik retortowy II generacji oraz zamontowany na nim autorski wynalazek (polski patent P.438250) doprowadzenia wodnego roztworu mocznika do komory spalania kotła. Oprócz pomiarów stężenia masowego emitowanych substancji szkodliwych (CO, NO_x, pyły) badania koncentrowały się również na pomiarach temperatury wewnątrz komory spalania oraz temperatury spalin. Kontrolowano też zawartość tlenu w spalinach. W ramach badań wprowadzano wodny roztwór mocznika z natężeniem przepływu równym: 0,30; 0,40 i 0,50 kg/h dla kotła pracującego z mocą nominalną. Paliwa zastosowane w badaniach poddano wcześniej analizie technicznej zgodnie z obowiązującymi normami. Otrzymane wyniki zweryfikowano pod kątem aktualnych przepisów dotyczących kotłów grzewczych na paliwa stałe (PN-EN 303-5:2021-09).

Wykorzystanie wodnego roztworu mocznika w kotłach grzewczych niskotemperaturowych nie stanowiło dotychczas popularnego obszaru badań; co więcej, doprowadzenie wodnego roztworu mocznika nie jest powszechnie stosowane jako standardowe wyposażenie kotłów grzewczych. Uzyskane rezultaty i obserwacje z badań pozwalają sądzić, że technologie doprowadzenia wodnego roztworu mocznika w kotłach grzewczych na paliwa stałe stanowią wymierny element umożliwiający w przyszłości ograniczenie emisji głównie NO_x, bez konieczności dużej ingerencji w konstrukcję kotła (rys. 1).



Rys. 1. Układ dozowania wody amoniakalnej dla palników retortowych kotłów niskotemperaturowych
Opis: 1 – palnik retortowy, 2 – palenisko, 3 – zawirowiywacz, 4 – dystrybutor cieczi, 5 – wtryskiwacze, 6 – przewód giętki, 7 – pompa zasilająca, 8 – zbiornik cieczi

Badania eksperymentalne wpływu stanu skupienia materiału zmiennofazowego w mikrokapsułce na krytyczną liczbę Reynoldsa w przepływie zawiesiny

Krzysztof Dutkowski, Marcin Kruzel, Martyna Kochanowska

Politechnika Koszalińska, Wydział Mechaniczny, ul. Raclawicka 15-17, 75-620 Koszalin

e-mail: krzysztof.dutkowski@tu.koszalin.pl; marcin.kruzel@tu.koszalin.pl; kochanowska34@gmail.com

Słowa kluczowe: zawiesina mikrokapsułkowanego PCM, badania eksperymentalne, krytyczna liczba Reynoldsa

Wykorzystanie mikrokapsułkowanego materiału zmiennofazowego (mPCM) jako dodatku do cieczy roboczej pracującej w układach wymiany ciepła stanowi nowatorską koncepcję i obecnie istnieje znikoma liczba publikacji poświęconych tej tematyce. Znany jest fakt, że dodanie mPCM do cieczy roboczej zwiększa jej pojemność magazynowania energii cieplnej ze względu na możliwość magazynowania ciepła przez materiał PCM w trakcie jego izotermicznej przemiany fazowej. W artykule opisano wyniki badań eksperymentalnych, których celem było wyznaczenie granicy przejścia przepływu zawiesiny od ruchu laminarnego do burzliwego. Do sporządzenia wodnych zawiesin wykorzystano koncentrat mikrokapsułkowanej parafiny (Micronal® DS 5428 X). Koncentrat złożony w 40% z wody oraz w 60% z mikrokapsulek z PCM o temperaturze przemiany fazowej $T \cong 26^{\circ}\text{C}$, dodano do wody destylowanej. Sporządzono próbki o stężeniu koncentrat/woda odpowiednio: 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35% oraz 40%. Zawiesina o temperaturze 10°C (parafina w mikrokapsułkach była w stanie stałym), 25°C (parafina w mikrokapsułkach ulegała przemianie fazowej) oraz 45°C (parafina w mikrokapsułkach była w stanie ciekłym) przepływała prostoosiowym odcinkiem rury o średnicy wewnętrznej $d = 4$ mm. Przepływ odbywał się w zakresie Re do 4000. Zauważono, że granica przejścia od ruchu laminarnego do burzliwego zależała od stanu skupienia materiału PCM w mikrokapsułce. Najniższe wartości krytycznej liczby Re uzyskano dla zawiesiny, w której PCM był w postaci ciała stałego, wyższe, gdy PCM ulegał przemianie fazowej, i najwyższe, gdy PCM był w postaci cieczy.

Badania eksperymentalne magazynowania energii cieplnej z zastosowaniem nanoPCM

Maciej Fabrykiewicz¹, Janusz T. Cieśliński²

¹ Akademia Nauk Stosowanych w Elblągu

² Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

e-mail: mac.fabrykiewicz@gmail.com; jcieslin@pg.edu.pl

Słowa kluczowe: magazynowanie energii cieplnej, nanoPCM, układy płaszczowo-rurowe, wydajność

Zagadnienie magazynowania energii cieplnej (TES) ma kluczowe znaczenie w wielu dziedzinach, takich jak: budownictwo, ogrzewnictwo i klimatyzacja, chłodzenie przenośnych urządzeń elektronicznych, zapobieganie przegrzewaniu się akumulatorów, chłodnictwo, termoregulowane tekstylia czy poprawa sprawności układów kogeneracyjnych. Jednak najszersze zastosowanie TES – ze względu na potencjał do wykorzystania – dotyczy obszaru odnawialnych źródeł energii.

Magazynowanie energii cieplnej w postaci ciepła jawnego polega na zmianie energii wewnętrznej materiału. Drugim sposobem jest wykorzystanie energii przemiany fazowej wybranych materiałów. Mówi się wtedy o tzw. ciepłe utajonym, a materiały stosowane w takich układach są nazywane materiałami zmiennofazowymi (*phase change materials*, PCM). Magazynowanie energii na sposób termochemiczny (TCES) zachodzi wówczas, gdy w trakcie reakcji chemicznej jest doprowadzana znaczna ilość energii cieplnej. Najwyższe gęstości energii wykazują układy TCES, a najniższe – wykorzystujące ciepło jawne. Układy TCES są stosowane dla temperatury pracy powyżej 400°C. Z kolei dla zakresu temperatury 0–100°C za najbardziej perspektywiczne uznano zastosowanie PCM.

Ogólnie PCM dzieli się na materiały organiczne, nieorganiczne i mieszaniny eutektyczne. Materiałami organicznymi są przede wszystkim związki parafiny. Wśród materiałów nieorganicznych należy wymienić hydraty soli i metale. Natomiast mieszaniny eutektyczne mogą tworzyć związki organiczne i nieorganiczne. Podstawową wadą PCM jest mały współczynnik przewodzenia ciepła, co prowadzi do długich czasów ładowania i rozładowywania magazynów energii cieplnej (MEC).

Dotychczas najpopularniejszym sposobem poprawy współczynnika przewodzenia ciepła PCM było stosowanie nieruchomych struktur o wysokich współczynnikach przewodzenia ciepła wykonanych z miedzi, aluminium, niklu, stali nierdzewnej czy włókien węglowych. Najnowszą techniką zwiększania współczynnika przewodzenia ciepła jest dodawanie do bazowego PCM nanocząstek. Tworzy się w ten sposób nowa klasa materiałów zwanych nanokompozytami zmiennofazowymi lub nanomateriałami zmiennofazowymi (nanoPCM). Przez analogię do nanocieczy można więc zdefiniować nanokompozyty zmiennofazowe jako mieszaniny bazowego PCM (BPCM) i cząstek o wymiarze liniowym poniżej 100 nm.

W pracy przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych czasów ładowania i rozładowywania magazynów płaszczowo-rurowych wypełnionych nanoPCM. Jako BPCM wykorzystano trzy substancje z grupy węglowodorów alifatycznych o nazwach handlowych LTP56, RT54HC i P1808, a jako nanocząstki wykorzystano grafit w postaci płatków oraz wielowarstwowe nanorurki węglowe (MWCNT) o koncentracji masowej 0,1%, 1% i 5%.

Badania chłodniczych układów strumienicowych pracujących w warunkach przemysłowych

Jerzy Gagan¹, Andrzej Pawluczuk¹, Michał Łukaszuk¹, Kamil Śmierciew¹, Dariusz Butrymowicz¹, Marek Madej², Mikołaj Mastrowski²

¹ Politechnika Białostocka, Wydział Mechaniczny, ul. Wiejska 45 C, 15-351 Białystok

² Marani sp. z o.o., ul. Szybowcowa 14c, 41-808 Zabrze

e-mail: d.butrymowicz@pb.edu.pl; madej@marani.pl

Słowa kluczowe: układ strumienicowy, ciepło odpadowe, efektywność, źródło niskotemperaturowe, R1233zdE

Odzysk ciepła odpadowego nabiera obecnie coraz większego znaczenia. Efektywne wykorzystanie ciepła odpadowego na stałe wpisuje się w działalność wielu firm i przedsiębiorstw. Dotyczy to różnych gałęzi przemysłu. Sprawność układu odzysku ciepła zależy m.in. od temperatury źródła ciepła. Klienci zwracają większą uwagę na ograniczenie zużycia energii elektrycznej. Dodatkowo coraz większe znaczenie dla klientów ma bezpieczeństwo środowiskowe. Zastosowanie ciepła odpadowego najczęściej wiąże się z wytwarzaniem ciepłej wody użytkowej. Coraz istotniejszą rolę odgrywa jednak wytwarzanie chłodu na cele użytkowe. Klimatyzacja powoli przestaje być luksusem i staje się standardem, co przyczynia się do wzrostu zapotrzebowania na chłód oraz układy chłodnicze. Wykorzystanie ciepła odpadowego wymaga zastosowania odpowiedniej technologii. W tym zakresie coraz większą popularnością cieszą się systemy strumienicowe, które pozwalają na odzysk ciepła przy najniższym potencjale źródła, czyli przy temperaturze poniżej 80°C.

W artykule przedstawiono zasadę działania strumienicowego systemu chłodzenia stosowanego w przedsiębiorstwie przemysłowym. Innowacyjność pracy polega na aplikacji przemysłowej, tzn., że układ testowany był poza laboratorium, w warunkach rzeczywistych. Układ był napędzany ciepłem odpadowym generowanym przez sprężarki mechaniczne wykorzystywane w agregatach sprężania powietrza. Temperatura źródła napędowego wynosiła poniżej 70°C, co zapewnia temperaturę nasycenia ciepła napędowego na poziomie 50–60°C. Badania przeprowadzono dla układu o mocy cieplnej 200 kW. Zaprezentowano pierwsze wyniki instalacji o mocy 600 kW. Do tej pory nie są znane prace, w których zastosowano układy strumienicowe o tak dużej mocy. Dodatkowo, co również jest nowością, w badaniach wykorzystano czynnik chłodniczy R1233zdE. W artykule przedstawiono charakterystyki robocze instalacji, parametry wydajnościowe oraz omówiono problemy eksploatacyjne badanych układów.

Studium adaptacji alternatywnych systemów zasilania w energię dla obiektów przemysłowych

Michał Gołębiwski¹, Marta Galant-Gołębiwska²

¹ Politechnika Poznańska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, ul. Piotrowo 3, 61-138 Poznań

² Politechnika Poznańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Transportu, ul. Piotrowo 3, 61-138 Poznań

e-mail: michal.golebiwski@put.poznan.pl; marta.galant-golebiwska@put.poznan.pl

Słowa kluczowe: energetyka rozproszona, systemy akumulacji ciepła, ORC, Stirling

Zakłady produkcyjne mają kluczowe znaczenie dla światowej gospodarki. Ciągłość ich pracy uzależniona jest od dostępności oraz ceny wykorzystywanych nośników energii. Najczęściej produkcja opiera się na wykorzystaniu energii elektrycznej lub gazu ziemnego. W zależności od dostępności źródeł energii pochodzi ona z paliw kopalnych bądź źródeł odnawialnych. W krajach takich jak Polska odnawialne źródła energii nie są wykorzystywane na masową skalę. Znaczna część przemysłu opiera się więc nadal na paliwach kopalnych, których dostępność stanowi kwestię bezpieczeństwa gospodarki państwa. Sytuacje kryzysowe, jak np. pandemia czy wojna, uwypuklają fakt, że duża część przedsiębiorstw wciąż w znacznym stopniu uzależniona jest od dostaw paliw. Podejmowane są zatem starania dążące do dywersyfikacji źródeł energii, a co za tym idzie uniezależnienia od sytuacji geopolitycznej. Modernizacja w wielu przypadkach musi być wprowadzana stopniowo. Wśród pierwszych wyborów zwykle są instalacje fotowoltaiczne czy systemy kogeneracyjne, które w najmniejszym stopniu wpływają na procesy produkcyjne. Niemniej jednak nadal istotnym czynnikiem pozostaje wytwarzanie ciepła o wysokiej temperaturze, które nie jest w pełni wykorzystywane. Zatem kolejnym krokiem w celu poprawy niezależności produkcji jest poszukiwanie systemów pozwalających na znaczne zwiększenie wykorzystania energii przy jednoczesnym ograniczeniu wykorzystania paliw.

W pracy przeanalizowano wpływ charakterystyk pracy układów energetycznych na profile zapotrzebowania na energię przykładowych typów zakładów przemysłowych. Wśród wspomnianych układów uwzględniono: silniki gazowe, instalacje fotowoltaiczne, układy kogeneracyjne, systemy odzysku ciepła (ORC, Stirling itp.), wsparte systemami akumulacji energii. Zasymlowano wpływy zmian parametrów otoczenia na moce oraz sprawności poszczególnych układów. Praca została uzupełniona o analizę ekonomiczną.

Zagadnienie alternatywnych systemów zasilania dla przedsiębiorstw produkcyjnych nie jest szeroko omawiane. Stanowi to rezultat różnorodności realizowanych procesów w stosunku do innego typu obiektów, np. użyteczności publicznej. W pracy skupiono się na wytypowanych grupach przedsiębiorstw, charakteryzujących się określonymi procesami technologicznymi będącymi źródłami strat cieplnych.

Modelowanie pracy adsorpcyjnego magazynu chłodu typu zamkniętego opartego na parze roboczej silikażel–woda

Andrzej Grzebielec, Adam Szelągowski, Maria Albinia, Michał Rynkun, Filip Sowiński

Politechnika Warszawska, Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa, ul. Nowowiejska 21/25, 00-665 Warszawa

e-mail: andrzej.grzebielec@pw.edu.pl

Słowa kluczowe: magazyn energii, magazyn chłodu, procesy sorpcyjne, złoża porowate

Rosnąca świadomość zmian klimatycznych na świecie oraz potrzeba zwiększenia udziału odnawialnych źródeł energii w globalnym miksie energetycznym spowodowały w ostatnich latach zwiększone zainteresowanie magazynami energii. Bezpośrednimi przyczynami tej tendencji są: rozwój odnawialnych źródeł energii, które nie pracują w sposób stabilny; chęć odciążenia sieci energetycznych (zarówno elektrycznych, jak i ciepłowniczych, a w niedalekiej przyszłości także chłodniczych); chęć redukcji emisji gazów cieplarnianych.

Urządzenia chłodnicze i klimatyzacyjne pracują z dużą zmiennością, jeśli chodzi o uzyskiwaną moc chłodniczą w ujęciu dobowym, jak również sezonowym. Jest to naturalne zjawisko, wynikające przede wszystkim ze zmiany temperatury zewnętrznej, a w przypadku klimatyzacji także z powodu braku zapotrzebowania na moc chłodniczą w godzinach nocnych. W ramach badań postanowiono zamodelować pracę magazynu chłodu opartego na złożu adsorpcyjnym silikażel–woda na potrzeby klimatyzacji bytowej.

W pierwszej kolejności zaproponowano koncepcję magazynu typu zamkniętego. Określono wielkości złoża sorbentu, oczekiwane temperatury pracy, moce i powierzchnie wymienników ciepła oraz sprawdzono modele adsorpcji pary wodnej w złożach silikażelu. Następnie na podstawie wyznaczonego profilu zapotrzebowania na chłód i historycznych danych meteorologicznych przeprowadzono symulację pracy całego układu w okresie kilku lat. W analizie wykorzystano metodę różnic skończonych, w której zjawisko sorpcji/desorpcji było modelowane jako wewnętrzne źródło ciepła, a jednocześnie było to zjawisko wymiany masy.

W wyniku badań zaobserwowano, że efektywność magazynowania jest związana jedynie z procesem ładowania i rozładowywania magazynu. Czas magazynowania nie wpływa na jego efektywność, co powoduje, że magazyny tego typu mogą być zarówno krótkookresowe (np. dzień–noc), jak i długookresowe (np. zima–lato). Ze względu na niewielką różnicę temperatury pomiędzy procesem ładowania a procesem rozładowywania poziom zaadsorbowania pary wodnej w złożu nie zmienia się znacząco, co niestety wpływa na wielkość magazynu. W literaturze można znaleźć kilka modeli sorpcji woda–silikażel; bez analizy eksperymentalnej prezentowane wyniki mogą być niewiarygodne – nawet jeśli modele te powstały na podstawie badań eksperymentalnych.

Model matematyczny przedstawiony w niniejszej pracy jest rozwiązaniem unikatowym, nieprzedstawianym do tej pory w literaturze. Pozwala w szybki sposób zaimplementować różne modele sorpcji, jak również różne konstrukcje wymienników w praktycznych rozwiązaniach dla magazynów zarówno chłodu, jak i ciepła. Uniwersalność modelu jest na tyle wysoka, że nie ogranicza się on do pary roboczej woda–silikażel, ale pozwala także wykorzystywać inne pary robocze. Ponadto dzięki zastosowaniu metody różnic skończonych jest to model dynamiczny, który daje możliwość prezentowania zmieniających się w czasie stanów urządzenia/installacji.

Współpraca wyspy turbinowej z reaktorem jądrowym czwartej generacji

Dorota Homa, Wojciech Kosman, Łukasz Bartela

Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, ul. S. Konarskiego 18, 44-100 Gliwice

e-mail: dorota.homa@polsl.pl

Słowa kluczowe: elektrownia jądrowa, transformacja energetyczna, reaktor jądrowy, dekarbonizacja energetyki

Przedmiotem opisywanych badań jest ścieżka transformacji energetycznej *Coal-to-Nuclear*, polegająca na przekształceniu elektrowni węglowej w jądrową, przy możliwie jak największym wykorzystaniu istniejącej infrastruktury pomocniczej, takiej jak: systemy chłodzenia, układy wyprowadzenia mocy, linie transportowe. W niektórych przypadkach możliwe jest także wykorzystanie infrastruktury podstawowej, w tym wyspy turbinowej. Ścieżka *Coal-to-Nuclear* ma znaczny potencjał, o czym świadczą poświęcony jej obszerny raport Departamentu Energii USA, jak również publikacje krajowe.

W pracy analizowano możliwość zastosowania reaktora jądrowego czwartej generacji jako źródła ciepła bloku węglowego. Reaktory tego rodzaju znajdują się obecnie w fazie rozwojowej, a planowane terminy ich wdrożenia to lata 2028–2030.

Przeprowadzona analiza dotyczyła połączenia reaktora czwartej generacji z wyspą turbinową zasilaną parą o parametrach nadkrytycznych. Na potrzeby obliczeń wybrano eksploatowaną turbinę klasy 900 MW. W ramach badań opracowano model numeryczny całego bloku. Stworzony model umożliwia wielowariantową analizę warunków pracy wyspy turbinowej, w tym warunków znacznie odbiegających od nominalnych (projektowych). Przewidziano możliwość symulacji pracy turbiny po obniżeniu temperatury pary świeżej i wtórnej oraz po obniżeniu lub podwyższeniu temperatury wody zasilającej za regeneracją wysokoprężną. Takie warianty eksploatacji pozwolą dopasować wyspę turbinową do konkretnego modelu reaktora. Założono, że turbina współpracuje z wytwornicą pary zasilaną roztopioną solą.

Rozpatrzono przypadek, w którym źródłem ciepła dla obiegu turbinowego jest reaktor wysokotemperaturowy FHR firmy Kairos Power. Przeprowadzono symulacje numeryczne w celu określenia zakresu parametrów czynnika roboczego wymaganych do połączenia turbiny z dedykowaną wytwornicą pary. Dla badanego przypadku przeprowadzono również analizę ekonomiczną.

Badanie wymiany ciepła i oporów przepływu przy wrzeniu proekologicznych czynników w minikanalach

Sylwia Hożejowska¹, Magdalena Piasecka², Wojciech Wołak¹

¹ Politechnika Świętokrzyska, Wydział Zarządzania i Modelowania Komputerowego, al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce

² Politechnika Świętokrzyska, Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn, al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce

e-mail: ztpsf@tu.kielce.pl; tmpmj@tu.kielce.pl; wwolak@tu.kielce.pl

Słowa kluczowe: wymiana ciepła, wrzenie w przepływie, opory przepływu, minikanaly, metoda Trefftza

Efektem dążenia do miniaturyzacji urządzeń oraz intensyfikacji wymiany ciepła są coraz większe wymagania dotyczące wymienników ciepła. Poszukując metod intensyfikacji wymiany ciepła, stwierdzono, że wrzenie podczas przepływu proekologicznych czynników chłodniczych w minikanalach jest skutecznym sposobem odbierania dużych strumieni ciepła przy stosunkowo niewielkich wymiarach urządzeń.

W pracy przedstawiono wyniki badań dotyczących wymiany ciepła i oporów przepływu przy wrzeniu podczas przepływu proekologicznych czynników chłodniczych HFE-649, HFE-7100i HFE-7200 przez układ poziomych minikanalów o przekroju prostokątnym. Eksperymenty przeprowadzono na stanowisku badawczym, którego podstawowym elementem był moduł testowy z zespołem pięciu minikanalów o głębokości 1 mm, szerokości 6 mm i długości 43 mm każdy. Przepływające przez minikanaly czynniki chłodnicze ogrzewane były asymetrycznie poprzez powierzchnię grzejną stanowiącą jedną ze ścian modułu. Ścianę tę stanowiła cienka folia o grubości 0,1 mm, wykonana ze stopu Haynes 230, do której doprowadzono prąd o znanym napięciu i natężeniu. Kamera termowizyjna umożliwiła rejestrację temperatury na zewnętrznej powierzchni folii. Eksperymenty przeprowadzono w warunkach zmiennych w czasie, zbierając dane co 1 s. Jednocześnie przez przezroczystą szybę obserwowano tworzące się struktury przepływu, a kamera do zdjęć szybkich pozwalała na ich akwizycję. W trakcie eksperymentu rejestrowano wartości ciśnienia i temperatury płynu na wlocie i wylocie minikanalów, przepływu masowego cieczy oraz natężenia i napięcia prądu doprowadzonego do ścianki grzejnej.

Analizę numeryczną procesów wymiany ciepła oraz dalsze obliczenia przeprowadzono przy wykorzystaniu uproszczonego modelu matematycznego odnoszącego się do środkowego minikanalu. W modelu założono, że w podstawowych elementach modułu testowego, tj. folii grzejnej i minikanale, proces wymiany ciepła opisany jest odpowiednimi niestacjonarnymi równaniami zachowania energii z układem warunków brzegowo-początkowych będących konsekwencją danych pozyskanych z eksperymentu. Otrzymany układ równań rozwiązano przy użyciu metody Trefftza.

Znajomość rozkładów temperatury powierzchni grzejnej i płynu w minikanale pozwoliła na wyznaczenie (na podstawie warunku brzegowego Robina) wartości lokalnych współczynników przejmowania ciepła na ich styku. Analizy oporów przepływu dokonano, wykorzystując model homogeniczny i rozdzielony Lockharta–Martinello. Wykresy posłużyły do zilustrowania: pomiaru temperatury powierzchni grzejnej i temperatury czynników chłodniczych, lokalnych współczynników przejmowania ciepła w funkcji czasu i odległości od wlotu do minikanalu oraz oporów przepływu. Wyniki dotyczące wymiany ciepła przedstawiono w postaci krzywych wrzenia.

Innowacyjność prezentowanej pracy polega przede wszystkim na przeprowadzeniu analiz dotyczących oporów przepływu w testowanym układzie minikanalów modułu pomiarowego, a także wykorzystaniu autorskich metod obliczeń związanych z niestacjonarnymi procesami wymiany ciepła.

Badanie wpływu wybranych parametrów geometrii złoża na procesy adsorpcji i desorpcji w urządzeniach chłodniczych przy użyciu symulacji numerycznej

Szymon Janusz¹, Marcin Borchuch², Piotr Cyklis¹

¹ Politechnika Krakowska, Wydział Mechaniczny, al. Jana Pawła II 37, 31-864 Kraków

² M.A.S. Sp. z o.o., Dział Badawczo-Rozwojowy, ul. Składowa 34, 27-200 Starachowice

e-mail: szymon.janusz@doktorant.pk.edu.pl; piotr.cyklis@pk.edu.pl; marcin.borchuch@massp.pl

Słowa kluczowe: adsorpcja, urządzenia chłodnicze, CFD, geometria złoża adsorpcyjnego, chłodnictwo

W adsorpcyjnych urządzeniach chłodniczych złożo adsorpcyjne odgrywa kluczową rolę w procesie chłodzenia, gdyż pozwala na pochłanianie pary wodnej, co skutkuje utrzymaniem niskiego ciśnienia w urządzeniu oraz eliminacją potrzeby stosowania elementów energochłonnych, takich jak sprężarka. To z kolei przekłada się na niższe koszty eksploatacyjne i większą energooszczędność urządzenia. Aby uzyskać wysoką efektywność adsorpcyjnych urządzeń chłodniczych, konieczne jest zapewnienie złożu adsorpcyjnemu wysokiej zdolności sorpcyjnej oraz krótkiego czasu regeneracji. By to osiągnąć, należy podjąć działania mające na celu poprawę wymiany ciepła w wymienniku adsorpcyjnym, co przyspieszy procesy adsorpcji i desorpcji pary wodnej w złożu adsorpcyjnym i zwiększy ich efektywność. Ponadto istotne jest zapewnienie dostępu pary wodnej do całej objętości złoża adsorpcyjnego, co można uzyskać poprzez odpowiednie zaprojektowanie i umiejscowienie układu doprowadzającego parę wodną.

W pracy opisano badania dotyczące wpływu geometrii złoża adsorpcyjnego na procesy wymiany masy i ciepła. Badania zostały przeprowadzone w sposób zarówno eksperymentalny, jak i numeryczny. Skupiono się na dwóch parametrach – odległości między środkiem złoża a wejściem gazu oraz odległości między środkiem złoża a źródłem ciepła lub chłodu. Wyniki wykazały, że oba parametry mają znaczący wpływ na szybkość procesu adsorpcji. Zwiększenie odległości między środkiem złoża a wejściem gazu prowadzi do większego oporu przepływu pary i obniża efektywność wymiany masy, co z kolei skutkuje wolniejszym przebiegiem procesu. Zwiększenie odległości między środkiem złoża a źródłem ciepła lub chłodu powoduje mniejszą efektywność chłodzenia lub grzania złoża, co również skutkuje wolniejszym przebiegiem procesu adsorpcji.

Wyniki przeprowadzonych badań są bardzo ważne dla projektowania złoża adsorpcyjnego w adsorpcyjnych urządzeniach chłodniczych. Badania pozwoliły na wybór optymalnej geometrii złoża, co wpłynie na zwiększenie efektywności procesu adsorpcji. Ta analiza parametrów jest innowacyjna w dziedzinie projektowania adsorpcyjnych urządzeń chłodniczych i może stanowić cenną wskazówkę dla projektantów w przyszłości.

Symulacja procesu adsorpcji z użyciem programu FLUENT

Szymon Janusz¹, Marcin Borcuch², Piotr Cyklis¹

¹ Politechnika Krakowska, Wydział Mechaniczny, al. Jana Pawła II 37, 31-864 Kraków

² M.A.S. Sp. z o.o., Dział Badawczo-Rozwojowy, ul. Składowa 34, 27-200 Starachowice

e-mail: szymon.janusz@doktorant.pk.edu.pl; piotr.cyklis@pk.edu.pl; marcin.borcuch@massp.pl

Słowa kluczowe: adsorpcja, urządzenia chłodnicze, CFD, ANSYS FLUENT, chłodnictwo

Symulacje numeryczne są coraz częściej wykorzystywane do optymalizacji procesów i urządzeń przemysłowych. W pracy przeanalizowano i porównano różne sposoby modelowania numerycznego zjawiska adsorpcji i desorpcji prezentowane w literaturze.

Modelowanie numeryczne procesu adsorpcji jest zadaniem skomplikowanym, ponieważ proces ten zależy od wielu czynników, takich jak: właściwości adsorbentu, właściwości adsorbentu oraz warunki procesu. Z tego powodu niemożliwe jest stworzenie uniwersalnego modelu, który sprawdziłby się dla wszystkich typów sorbentów. W pracy zaproponowano metodykę przygotowania modelu CFD procesu adsorpcji z uwzględnieniem równań charakterystycznych dla badanego materiału. Przeprowadzono symulację dla kilku różnych sorbentów i zaproponowano równania kinetyczne i równowagowe opisujące proces adsorpcji dla każdego z nich. Opisano zastosowane równanie transportu masy w formie UDS (*user defined scalar*). Przedstawiono metody modelowania ośrodka porowatego, którego wykorzystanie było konieczne ze względu na drobne uziarnienie materiału adsorbentu oraz ustawienia solvera dostosowane do symulowanego zagadnienia. Opracowany model 3D i 2D pozwolił na uzyskanie zależnych od czasu krzywych dynamiki procesu adsorpcji i desorpcji dla różnych warunków brzegowych temperatury i ciśnienia, które następnie zostały zweryfikowane eksperymentalnie.

Stworzony model numeryczny może być pomocny w bardziej efektywnym wykorzystaniu procesów adsorpcji i desorpcji poprzez dokładniejsze przewidywanie ich przebiegu i optymalizację parametrów procesu. Ponadto coraz częściej wykorzystuje się modele numeryczne procesu adsorpcji w połączeniu z technikami sztucznej inteligencji, takimi jak uczenie maszynowe i sieci neuronowe, co umożliwia jeszcze dokładniejszą analizę i przewidywanie procesów adsorpcyjnych.

Badanie procesów adsorpcji i desorpcji za pomocą autorskiego stanowiska eksperymentalnego

Szymon Janusz¹, Piotr Cyklis¹, Marcin Borcuch²

¹ Politechnika Krakowska, Wydział Mechaniczny, al. Jana Pawła II 37, 31-864 Kraków

² M.A.S. Sp. z o.o., Dział Badawczo-Rozwojowy, ul. Składowa 34, 27-200 Starachowice

e-mail: szymon.janusz@doktorant.pk.edu.pl; piotr.cyklis@pk.edu.pl; marcin.borcuch@massp.pl

Słowa kluczowe: adsorpcja, urządzenia chłodnicze, CFD, ANSYS FLUENT, chłodnictwo

W artykule przedstawiono analizę metod badania procesów adsorpcji i desorpcji oraz doświadczenia z zaprojektowanego stanowiska eksperymentalnego, służącego do analizowania zdolności sorpcyjnych i wymiany ciepła przez złożę adsorpcyjne. Stanowisko odzwierciedla pracę adsorpcyjnego urządzenia chłodniczego w małej skali, dzięki czemu umożliwia dokładną analizę pracy złoża w warunkach pracy adsorpcyjnych urządzeń chłodniczych oraz walidację modeli numerycznych. Składa się ono z komory próżniowej, w której znajdują się waga, wymiennik mikrokanałowy oraz czujniki temperatury i ciśnienia, komory pełniące zamiennie funkcję skraplacza i parownika oraz czterech zbiorników, w których znajduje się woda o różnych temperaturach w zależności od potrzeb. Cały proces jest sterowany i monitorowany za pomocą autorskiego programu.



Rys. 1. Model 3D stanowiska badawczego

W pracy przedstawiono własną eksperymentalną metodę badania procesu adsorpcji w układzie chłodniczym. Wyniki uzyskane z autorskiego stanowiska eksperymentalnego wskazują na wpływ różnych parametrów na kinetykę sorpcji i stopień nasycenia sorbentów. Wnioski z przeprowadzonych badań mogą się przyczynić do dalszych badań w tej dziedzinie oraz do poprawy skuteczności i wydajności procesów adsorpcji i desorpcji.

Podziękowania

Artykuł został opracowany w ramach projektu POIR.01.01.01-00-0628/19 pt. „Opracowanie innowacyjnej, wielomodułowej chłodni o zwiększonej efektywności energetycznej”.

Piroliza zużytych opon – analiza wybranych problemów badawczych

Wojciech Jerzak, Aneta Magdziarz

Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

e-mail: wjerzak@agh.edu.pl; amagdzia@agh.edu.pl

Słowa kluczowe: piroliza, opony, katalizator, reaktor rurowy, reaktor ze złożem stałym

Zużyte opony to odpad polimerowy bogaty w węglowodory, który trudno ulega naturalnej degradacji i stwarza potencjalne zagrożenie dla środowiska. Składnikami opon są: kauczuk naturalny (14–48%) i syntetyczny (10–27%), sadza (10–28%), stal (13–25%) oraz nylon, stabilizatory, antyutleniacze i antyozonanty (10–17%). Jednak skład opony uwarunkowany jest zarówno lokalizacją danego jej elementu (bieżnik, bark, ściana boczna), jak i jej przeznaczeniem (dla samochodów osobowych, ciężarowych czy rolniczych). Chociaż w 2020 roku nastąpił spadek światowej produkcji samochodów osobowych do poziomu 70 mln sztuk rocznie, co było spowodowane pandemią COVID-19 (w 2019 r. wyprodukowano 89 mln sztuk), to jednak prognozy wskazują, że w 2025 roku wyprodukowanych zostanie 98,9 mln pojazdów. W efekcie wzrośnie ilość zużytych opon oraz odpadów gumowych powstających w zakładach wulkanizacji. Konieczne jest prowadzenie szeroko zakrojonych badań mających na celu udoskonalenie metod termicznego przetwarzania opon, takich jak piroliza lub zgazowanie, po to by sprostać rosnącej ilości odpadów gumowych. Wytwarzanie paliw i chemikaliów z równoczesnym odzyskiem stali i cynku w procesie pirolizy opon to perspektywiczny sposób na zmniejszenie śladu węglowego związanego z wykorzystaniem surowców kopalnych do produkcji energii.

Niniejsza praca składa się z dwóch części: przeglądowej oraz eksperymentalnej. Część przeglądowa zawiera krytyczne spojrzenie na analizę opon i produktów pirolizy oraz omówienie wad i zalet reaktorów pirolitycznych oraz otrzymanych produktów. Jak ustalono na podstawie przeglądu literatury, proces pirolizy opon z wykorzystaniem pionowego reaktora rurowego był badany tylko jeden raz. Część eksperymentalna pracy wypełnia lukę badawczą związaną z katalityczną pirolizą opon w reaktorze hybrydowym (pionowy reaktor rurowy – reaktor ze złożem stałym). Wyniki badań wnoszą znaczący wkład w rozszerzenie stanu wiedzy z zakresu pirolizy opon.

Podziękowania

Praca była finansowana w ramach Działalności Statutowej AGH (16.16.110.663) oraz projektu OPUS20 finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki (nr umowy 2020/39/B/ST8/00883).

Wrzenie wody na powierzchniach miedzianych z mikrokanalami pochyłymi

Robert Kaniowski

Politechnika Świętokrzyska, Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn, al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce

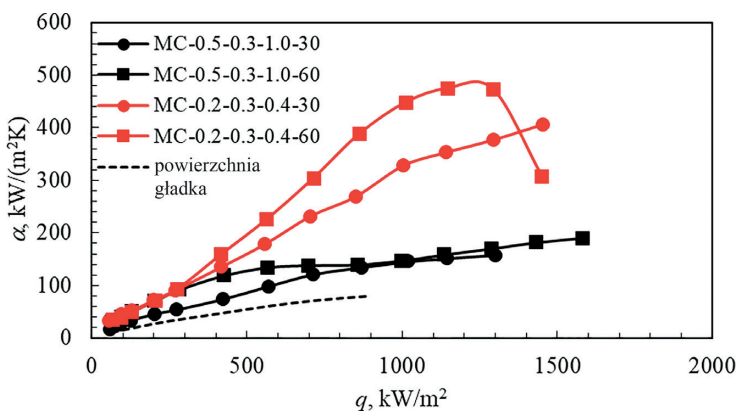
e-mail: kaniowski@tu.kielce.pl

Słowa kluczowe: wrzenie w objętości, krzywe wrzenia, współczynnik przejmowania ciepła, mikrokanaly pochyłone

Jedną z najbardziej efektywnych, a także uniwersalnych metod zwiększenia współczynnika przejmowania ciepła oraz krytycznej gęstości strumienia ciepła podczas wrzenia jest zastosowanie odpowiedniego płynu oraz rodzaju powierzchni. Modyfikacje powierzchni mogą polegać na teksturuwaniu, stosowaniu perforacji, formowaniu tuneli podpowierzchniowych, pokrywaniu warstwą porowatą, nacinaniu niewielkich żeber bądź mikrokanalów itp. Poszukiwanie najbardziej efektywnych powierzchni rozpraszaczy ciepła z kanałami zależy w głównej mierze od wielkości geometrycznych: szerokości, wysokości i odległości pomiędzy mikrokanalami.

W pracy przedstawiono wyniki eksperymentalne wymiany ciepła podczas wrzenia. Czynnikiem chłodniczym była woda, a badania przeprowadzono przy ciśnieniu atmosferycznym. Materiałem wytworzonej powierzchni wymieniającej ciepło była miedź, na której nacięto równoległe mikrokanaly. Zastosowano frezy tarczowe o szerokości 0,5 mm i 0,2 mm. Mikrokanaly wykonano na głębokości 0,3 mm oraz przy kątach nachylenia do pionu 30°, 60°. Uzyskane wyniki eksperymentalne ukazały zwiększenie gęstości strumienia ciepła oraz współczynnika przejmowania ciepła dla powierzchni z mikrokanalami pochyłymi w stosunku do powierzchni referencyjnej (powierzchnia gładka o tej samej chropowatości powierzchni czołowej co powierzchnie z mikrokanalami). Maksymalna gęstość strumienia ciepła wyniosła 1581 kW/m², a współczynnik przejmowania ciepła 475 kW/m²K. Uzyskano niemal dwukrotną poprawę maksymalnej gęstości strumienia ciepła oraz 5,9-krotnie większy współczynnik przejmowania ciepła w stosunku do powierzchni gładkiej (rys. 1).

Spośród istniejących czynników wrzących woda zapewnia najwyższe współczynniki przejmowania ciepła oraz najwyższe krytyczne gęstości strumienia ciepła. Ciecz ta jest ogólnie dostępna i relatywnie tania, ale jej stosowanie w układach elektronicznych możliwe jest tylko w postaci dejonizowanej i demineralizowanej.



Rys. 1. Krzywe wrzenia dla wody

Wizualizacja wrzenia FC-72 na miedzianych mikrokanalach otwartych

Robert Kaniowski, Robert Pastuszko, Norbert Dadas

Politechnika Świętokrzyska, Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn, al. 1000-lecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce

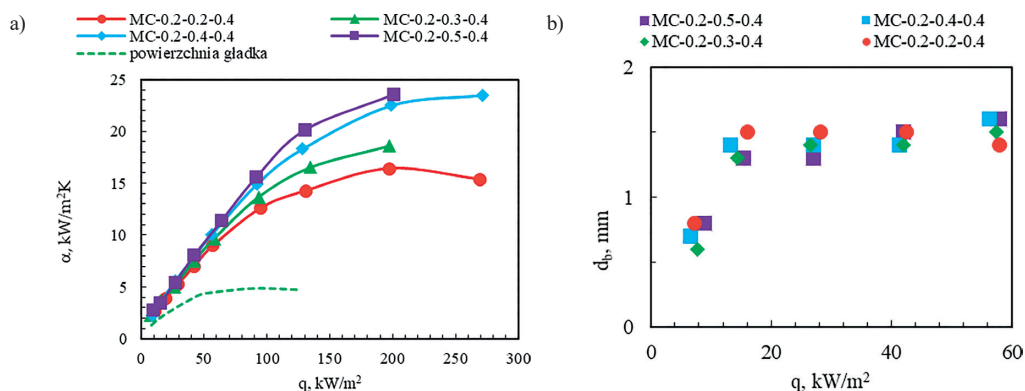
e-mail: kaniowski@tu.kielce.pl; tmprp@tu.kielce.pl; ndadas@tu.kielce.pl

Słowa kluczowe: wrzenie w objętości, krzywe wrzenia, wizualizacja wrzenia, mikrokanaly, średnice pęcherzy

Rozpraszacze ciepła, w których generowane są wysokie wartości gęstości strumienia ciepła, występują np. w diodach LED dużej mocy czy elektronice. Z tego względu wymagane jest wykorzystanie wysoce efektywnej technologii chłodzenia urządzeń. Dzięki wrzeniu substancji można stabilizować i w bardzo efektywny sposób odbierać ciepło z wymienionych urządzeń. Uzyskanie odpowiedniego zwiększenia odprowadzanego strumienia ciepła oraz współczynnika przejmowania ciepła w odniesieniu do płaskiej gładkiej powierzchni zależy przede wszystkim od zastosowanego płynu wrzącego i od doboru parametrów geometrycznych, tj. szerokości, wysokości oraz podziałki mikrokanałów.

W pracy przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych wymiany ciepła przy wrzeniu FC-72. Pomiary były prowadzone przy ciśnieniu atmosferycznym na otwartych powierzchniach mikrokanalów. Powierzchnie wymiany ciepła w postaci wyfrezowanych równoległych mikrokanalów wykonano z miedzi. Mikrokanaly o przekroju prostokątnym miały głębokość 0,2–0,5 mm i szerokość 0,2 mm.

W opracowaniu wskazano nowe zależności teoretyczne do obliczenia średnicy i częstotliwości odrywających się pęcherzy oraz porównano je z danymi eksperymentalnymi.



Rys. 1. Krzywe wrzenia (a); średnice odrywających się pęcherzy w funkcji gęstości strumienia ciepła FC-72 (b)

Optimalizacja warunków pracy małego układu kogeneracji ciepła i prądu z piecem powietrznym i turbiną gazową

Dariusz Kardaś¹, Andrij Rusanov², Sylwia Polesek-Karczewska¹, Roman Rusanov²,
Izabela Wardach-Święcicka¹, Tomasz Turzyński¹

¹ Instytut Maszyn Przepływowych Polskiej Akademii Nauk, ul. gen. J. Fiszer 14, 80-231 Gdańsk

² Instytut Problemów Budowy Maszyn Narodowej Akademii Nauk Ukrainy, ul. Pozharskiego 2/10, 61046 Charków

e-mail: dk@imp.gda.pl; roman_rusanov@ipmach.kharkov.ua

Słowa kluczowe: biomasa, obieg Braytona, piec wysokotemperaturowy, turbosprężarka

Ostatnie lata pokazują, że na tle gwałtownego rozwoju fotowoltaiki rozproszona energetyka ciepła rozwija się zdecydowanie wolniej, choć energia chemiczna biomasy ma niewątpliwe zalety w stosunku do energii słonecznej. Należą do nich: możliwa regulacja mocy, nieprzerwana produkcja oraz magazynowanie energii. W pracy przedstawiono analizę termodynamiczną i ekonomiczną małej siłowni ciepłej opalanej biomasą rolną dostarczającej energię elektryczną do sieci niskich napięć. W porównaniu z najbardziej znanymi układami kogeneracyjnymi opartymi na niskotemperaturowym obiegu parowym przedstawiona tu idea siłowni gazowej wykorzystująca obieg Braytona jest stosunkowo prosta. Siłownia składa się z wysokotemperaturowego pieca powietrznego i turbosprężarki gazowej. Biomasa jest źródłem ciepła, które ogrzewa powietrze robocze w piecu wysokotemperaturowym. Powietrze z otoczenia jest najpierw sprężane, dalej ogrzewane w piecu wysokotemperaturowym, a następnie rozprężane w turbinie. W celu zwiększenia sprawności obiegu powietrze wylotowe z turbiny kierowane jest do pieca do części paleniskowej. Rozdzielenie strefy spalania od strefy powietrza roboczego pozwala stosować turbinę gazową przy spalaniu paliwa stałego.

W pracy przedstawiono wielowariantową analizę siłowni kogeneracyjnej dla różnych parametrów pracy i różnej wydajności. Uwzględniona całkowita moc siłowni zawiera się w zakresie od 200 kW do 2 MW, co wymaga średnio 40–400 kg paliwa na godzinę. Przy tak określonej mocy analizowano wpływ temperatury pracy powietrza na sprawność całego układu w zakresie temperatury 500–850°C oraz ciśnienia 2–5 bar. Przeprowadzono badania eksperymentalne wysokotemperaturowego pieca powietrznego o mocy 200 kW i na ich podstawie zweryfikowano metodę obliczania tego typu urządzeń o większej mocy. Dokonano analizy sprawności pieca i średniej różnicy temperatur w funkcji powierzchni wymiany ciepła i temperatury wlotowej do wymiennika. Oszacowano jego koszty materiałowe i koszty wytworzenia przy różnych wariantach wielkości i warunków pracy. W analizie obiegu założono sprawność adiabaticzną sprężarki równą 80% i 85%, a turbiny 85% i 90%. Przeprowadzone obliczenia wskazują, że wysoka temperatura powietrza roboczego 850°C, niski spręż na poziomie 3 i rekuperacja ciepła pozwalają osiągać wysoką sprawność obiegu dochodzącą do 40%. Oprócz prostoty układu to właśnie niskie ciśnienie przy wysokiej temperaturze pracy powietrza stanowi jego najważniejszą zaletę.

Badania termiczne wybranych odpadów tworzyw sztucznych, węgla i biomasy

Agnieszka Kijo-Kleczkowska¹, Adam Gnatowski¹, Marcin Gajek², Magdalena Szumera², Krzysztof Knaś¹

¹ Politechnika Częstochowska, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Informatyki, ul. Dąbrowskiego 69, 42-201 Częstochowa

² AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

e-mail: a.kijo-kleczkowska@pcz.pl; adam.gnatowski@pcz.pl; mgajek@agh.edu.pl; mszumera@agh.edu.pl; krzysztof.knas@pcz.pl

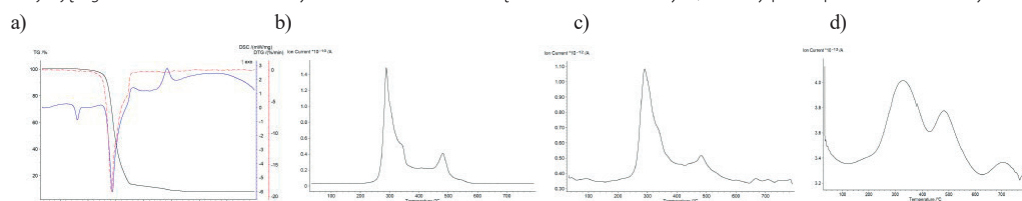
Słowa kluczowe: odpady polimerowe, węgiel, biomasa, analiza termiczna, TG/DSC/EGA

Tematyka spalania/współspalania odpadów jest niezwykle istotna, zważywszy na coraz bardziej restrykcyjne regulacje prawne dotyczące aspektów środowiskowych. Szerokie zastosowanie materiałów polimerowych generuje znaczne ilości odpadów, stanowiąc problem dla środowiska naturalnego. Obowiązujące przepisy nakazują ograniczenie składowania odpadów z tworzyw sztucznych, które należy zastąpić ich recyklingiem, z możliwością wykorzystania potencjału energetycznego z uwagi na wysoką kaloryczność. Problematykę zastosowania polimerów jako paliw alternatywnych przedstawiono w innej pracy. Należy podkreślić, że wytwarzanie energii elektrycznej w Polsce oparte jest głównie na węglu, lecz biomasa i pochodzące z niej odpady również stanowią cenne paliwo energetyczne.

W ramach niniejszej pracy przedstawiono wyniki analizy technicznej i elementarnej wybranych odpadów plastików oraz węgla, biomasy agro i biomasy leśnej, przeprowadzonej z wykorzystaniem analizatora elementarnego CHNSO serii FlashSmart oraz analizatora termogravimetrycznego TGM800 firmy LECO (aparatura PCz), a także badań termicznych TG/DTG/DSC/EGA, przeprowadzonych przy zastosowaniu aparatury STA 449 F3 Jupiter (Netsch) sprzężonej ze spektrometrem masowym QMS Aëolos (aparatura AGH). Interesującym elementem pracy była obserwacja zachodzących wraz ze wzrostem temperatury zmian konturów i objętości badanych próbek przy użyciu mikroskopu wysokotemperaturowego HSM.

Wyniki badań umożliwiają porównanie właściwości rozpatrywanych materiałów oraz ich zachowania podczas procesów termicznych (w strumieniu powietrza), z uwzględnieniem jakości uwalnianych gazów, co stanowi nowatorski element prezentowanej pracy.

Na rys. 1 przedstawiono przykładowe wyniki pomiarów TG/DTG/DSC/EGA dla próbki odpadu polioksymetylenu (POM), tworzywa znajdującego zastosowanie m.in. do wytwarzania elementów urządzeń elektrotechnicznych, śrub czy podzespołów samochodowych.



Rys. 1. Wyniki analizy termicznej POM: a) TG/DTG/DSC; b) EGA $m/z = 44$; c) EGA $m/z = 46$; d) EGA $m/z = 48$

Podziękowania

Pracę przygotowano w ramach projektów BS/PB-1-100-3011/2023/P (PCz) i 16.16.160.557 (AGH).

Biogaz jako niskoemisyjne, alternatywne źródło energii – badania wielkości komórki detonacji mieszanin biogaz–tlen

Jan Kindracki, Stanisław Siatkowski, Krzysztof Wacko

Politechnika Warszawska, Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa, ul. Nowowiejska 21/25, 00-665 Warszawa

e-mail: jan.kindracki@pw.edu.pl

Słowa kluczowe: biogaz, spalanie, detonacja, komórka detonacji, alternatywne źródła energii

W związku z postępującą świadomością społeczeństwa na temat zagrożeń, jakie niesie ze sobą globalne ocieplenie klimatu, wprowadzane są nowe regulacje prawne, które mają na celu spowalnianie lub znaczne ograniczanie tego zjawiska. Prawo o klimacie UE zobowiązuje kraje członkowskie do osiągnięcia do 2050 roku neutralności pod względem emisji dwutlenku węgla. Zmusza to sektor energetyczny do poszukiwania nowszych, bardziej ekologicznych rozwiązań.

W ostatnich latach znacznie wzrosło zainteresowanie alternatywnymi i odnawialnymi źródłami energii. Biogaz stanowi doskonały przykład obiecującej alternatywy dla paliw kopalnych. Jest to produkt beztlenowej fermentacji biomasy pochodzącej z takich źródeł, jak rolnictwo, leśnictwo i inne. W skład biogazu wchodzi głównie metan oraz dwutlenek węgla zmieszane w różnych proporcjach, odpowiednio 35–70% CH₄ i 20–65% CO₂. W zależności od pochodzenia biomasy i procesu produkcji mogą też występować różne zanieczyszczenia. Główne zalety biogazu to niemal zerowy bilans netto dwutlenku węgla uwalnianego do atmosfery podczas spalania, a także niezależność od warunków pogodowych oraz możliwość magazynowania, w przeciwieństwie do źródeł energii słonecznej czy wiatrowej.

Przykładem procesu generowania energii cieplnej czy elektrycznej pochodzącej z biogazu może być detonacja gazowa. Powstała w tym procesie energia cieplna może zostać użyta do napędzania turbin gazowych, jednocześnie zwiększając sprawność procesu przetwarzania energii i zmniejszając emisję szkodliwych składników spalin. Jednak liczba badań związanych z detonacją biogazu jest bardzo ograniczona. Wielkość komórki detonacyjnej stanowi jeden z najważniejszych i najczęściej stosowanych parametrów opisujących proces detonacji danej mieszaniny. Jest on wykorzystywany zarówno w analizach bezpieczeństwa, jak i w procesie projektowania silników wykorzystujących spalanie detonacyjne. Mimo że przeprowadzono wiele badań mających na celu zebranie danych dotyczących wielkości komórki detonacji dla szerokiej gamy mieszanin palnych, niewiele spośród nich dotyczyło biogazu.

W niniejszej pracy przedstawiono wyniki eksperymentalnych badań wielkości komórki detonacji dla mieszanin biogaz–tlen. Przetestowano 200 różnych kombinacji, badając wpływ ciśnienia początkowego mieszaniny, współczynnika ekwiwalencji oraz składu biogazu. Są to pierwsze tak szeroko przeprowadzone badania detonacji biogazu na świecie.

Spadek sprawności modułu fotowoltaicznego wskutek wzrostu temperatury ogniw oraz osadzania się zanieczyszczeń na powierzchni pokrycia przedniego modułu fotowoltaicznego

Ewa Klugmann-Radziemska

Politechnika Gdańska, Wydział Chemiczny, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

e-mail: ewa.klugmann-radziemska@pg.edu.pl

Słowa kluczowe: moduły fotowoltaiczne, sprawność konwersji, odnawialne źródła energii

Wzrost temperatury ogniw fotowoltaicznych jest jednym z czynników istotnie ograniczających sprawność konwersji energii promieniowania słonecznego na energię elektryczną. Ma to znaczenie z punktu widzenia efektów zarówno ekonomicznych, istotnych dla użytkownika, jak i ekologicznych, zmniejsza bowiem możliwe do osiągnięcia redukcje gazów cieplarnianych towarzyszących generowaniu energii elektrycznej w tradycyjnych elektrowniach zasilanych paliwami konwencjonalnymi.

Przewodność cieplna i ilość ciepła przenoszonego przez ogniwa są czynnikami decydującymi o bilansie energetycznym w systemie.

Dodatkowo warstwa zanieczyszczeń osadzających się na powierzchni modułu w postaci kurzu powoduje spadek ilości energii promieniowania słonecznego docierającego do złącza $p-n$, dodatkowo ograniczając straty ciepła, co prowadzi do wzrostu temperatury ogniw.

W pracy przeprowadzono analizę wpływu temperatury i zanieczyszczeń powierzchni modułu zmiennych w stosunku do warunków standardowych STC na sprawność konwersji fotowoltaicznej.

The control of erosion in CFB loop by adjustment of solids

Rafał Kobyłecki¹, Robert Zarzycki¹, Mariusz Damasiewicz²

¹ Politechnika Częstochowska, Wydział Infrastruktury i Środowiska, ul. Dąbrowskiego 73, 42-201 Częstochowa

² Enea Elektrownia Połaniec SA, Zawada 26, 28-230 Połaniec

e-mail: rafal.kobylecki@pcz.pl; robert.zarzycki@pcz.pl; mariusz.damasiewicz@enea.pl

Keywords: biomass combustion, erosion, CFB boiler, fluidization

The development of renewable and clean energy sources has undoubtedly been booming nowadays due to the promotion of environmentally-friendly technologies and the replacement of fossil fuels with carbon-neutral ones (biomass, agromass, biochar, etc.) in power and heat generation industry in order to minimize the climate changes and decrease the concentration of carbon dioxide in the atmosphere. One of the promising ways to 'switch' from fossil-driven into more renewable power generation is the replacement of coal and lignite by biomass or waste that had been occurring e.g. in numerous stoker or CFB (circulating fluidized bed) boilers. However, the implementation of biomass or agromass is often associated with numerous boiler operational problems, such as e.g. erosion or fouling of the membrane wall tubes.

In order to provide an utilitarian solution for the control of the erosion process the investigations were carried out at the Czestochowa University of Technology. The results were supported by the analysis of the operational parameters of a real compact-type CFB unit (output: 160 kg/s of steam). The data indicated that quite often the erosion phenomena may be the result of unproper fluidization regime and poor bed hydrodynamics and may also be affected by the size and type of the bed material used. Accordingly, comprehensive analysis and lab-scale investigations were carried out to determine the effect of solids particle size distribution on fluidized bed hydrodynamics and erosion of some model elements representing the furnace walls of a real CFB combustor. The results indicated that the type of solids significantly affect the erosion process, furthermore the distribution of primary air across the furnace may create the formation of rat holes and jets and thus locally increase the attrition of heat transfer surfaces inside the CFB loop, particularly in case the solids contained significant amount of coarse and abrasive particles of sizes >1 mm.

The novelty of the current work is the presentation of the results of lab- and large-scale investigations of the effect of solids size and solids type, as well as the effect of air distribution across the furnace plenum on the erosion of membrane wall tubes in two CFB facilities. The results were supported by real data from a currently operated CFB plant.

Zagadnienia doboru czynnika roboczego i rozprężarki do układów organic Rankine cycle

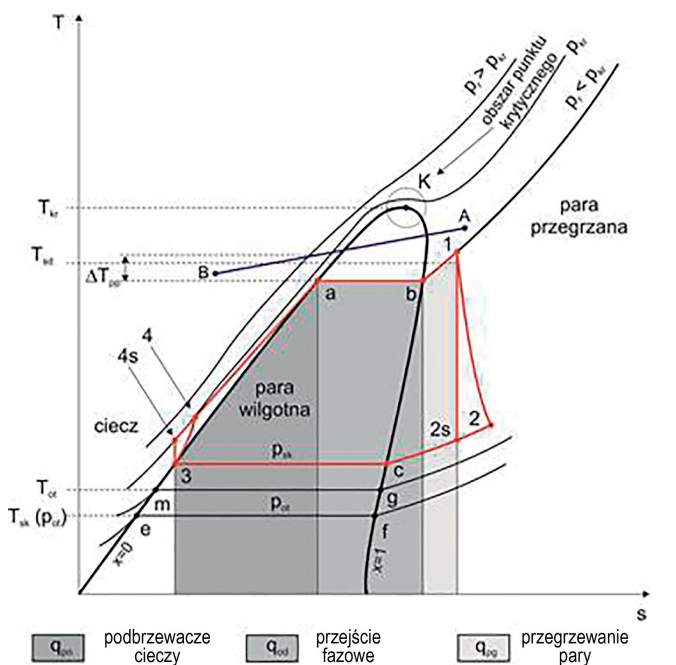
Piotr Kolasieński

Politechnika Wroclawska, Katedra Termodynamiki i Odnawialnych Źródeł Energii, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław

e-mail: piotr.kolasinski@pwr.edu.pl

Słowa kluczowe: układ ORC, czynnik roboczy, rozprężarka, analiza termodynamiczna

Układy *organic Rankine cycle* (ORC) znajdują coraz szersze zastosowanie do pozyskiwania energii ze źródeł alternatywnych (tj. odnawialnych i odpadowych). Jednym z najważniejszych zagadnień związanych z układami ORC jest prawidłowy dobór czynnika roboczego, którego dokonuje się przy zastosowaniu różnych kryteriów, spośród których najważniejsze są parametry fizykochemiczne czynnika roboczego, bezpieczeństwo jego użytkowania oraz oddziaływanie na środowisko. Rodzaj stosowanej rozprężarki ma też istotny wpływ na dobór czynnika roboczego i parametry pracy układu ORC. Podczas doboru czynnika roboczego i rozprężarki często uwzględniane są takie parametry pracy układu ORC, jak m.in.: zakres ciśnień roboczych, gęstość czynnika roboczego, wymiary geometryczne rozprężarki i inne (rys. 1). Parametry te istotnie oddziałują na osiąganą moc i sprawność układu ORC. Na podstawie analizy wybranych parametrów termodynamicznych czynnika roboczego możliwe jest opracowanie nowych kryteriów i metody oceny jego przydatności do zastosowania w układzie ORC wykorzystującym określony typ rozprężarki. W pracy przedstawiono wybrane zagadnienia związane z doбором czynnika roboczego i rozprężarki do układów ORC.



Rys. 1. Wykres $T-s$ dla niskowrzącego czynnika roboczego (kolorem czerwonym oznaczono obieg ORC)

Bezpieczeństwo procesu dostarczania paliwa w stacjach ładowania wodorem

Wojciech Kosman

Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, ul. S. Konarskiego 18, 44-100 Gliwice

e-mail: wojciech.kosman@polsl.pl

Słowa kluczowe: wodór, stacja ładowania, bezpieczeństwo

W pracy poddano analizie możliwości zachowania wymaganego ciśnienia i temperatury paliwa na stacji ładowania wodorem. Te parametry gazu mają kluczowe znaczenie dla bezpieczeństwa pracy stacji ładowania. Dlatego analizą objęto procesy termodynamiczne zachodzące w głównych maszynach i urządzeniach instalacji ładowania, przechowywania i dystrybucji wodoru. Uwzględniono stacje przeznaczone do ładowania samochodów osobowych, autobusów i ciężarówek, główny nacisk kładąc na pojazdy komunikacji miejskiej. Ponieważ stacje tego rodzaju powinny się znajdować w pobliżu terenów zamieszkałych, to kwestie bezpieczeństwa stanowią priorytet przy projektowaniu ich zabudowy, wyposażenia i warunków codziennej pracy.

Na potrzeby badań opracowano model numeryczny przemian termodynamicznych i wymiany ciepła. Rozpatrzono różne warianty sprężania, rozprężania i chłodzenia wodoru. Szczególną uwagę poświęcono chłodzeniu wodoru kierowanego do dystrybutora i dalej do zbiornika pojazdu. Opracowany model stacji ładowania obejmuje kilka etapów chłodzenia: chłodzenie podczas sprężania, chłodzenie wstępne poprzedzające rozprężanie oraz chłodzenie końcowe przed dostarczeniem wodoru do zbiornika pojazdu. Główną wielkością decydującą o doborze pozostałych parametrów w modelu była temperatura wodoru wtłaczanego do zbiornika pojazdu.

W rezultacie badań uzyskano m.in. optymalne wielkości opisujące konstrukcję chłodnicy dla wybranego zakresu ciśnienia i temperatury wodoru. Określono rozmiar głównych elementów chłodnicy i strumień chłodziwa, które pozwalają zapewnić bezpieczny poziom temperatury wodoru przy zadanym ciśnieniu.

Single-phase CFD approach for investigating bacterial inactivation and heat transfer in a microchamber

Aimad Koulali¹, Paweł Ziółkowski¹, Piotr Radomski¹, Luciano De Sio², Jacek Zieliński³, Dariusz Mikieliewicz¹

¹ Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

² Sapienza University of Rome, Department of Medico-Surgical Sciences and Biotechnologies, Corso della Repubblica, 79 04100 – Latina (LT), Italy

³ Gdański Uniwersytet Medyczny, ul. Dębinki 1, 80-211 Gdańsk

e-mail: pawel.ziolkowski; luciano.desio@uniroma1.it

Keywords: CFD, single phase approach, volume fraction, mixture rule, *E. coli* bacteria inactivation

In the context of the COVID-19 pandemic, accurate modeling of bacteria has gained increasing importance to mitigate the potential harm caused by pathogenic bacteria. Various effective methods for bacterial inactivation have been developed, such as heat treatment, chemical disinfectants, UV radiation, filtration, and laser technology. Laser-based approaches, which generate high temperature or reactive-oxygen species, offer the precise and targeted bacterial inactivation. This study employed computational fluid dynamics (CFD) based on the finite volume method to simulate heat transfer flow within a microchamber containing water and *E. coli* bacteria. Different models, including single-phase, multi-phase, and particle-based models, can be used in CFD for fluid flow and in bacterial transport simulations.

Our objective was to observe the temperature distributions inside the systems. To achieve this, the single-phase model was utilized to simulate heat transfer in the water-bacteria mixture. The model assumes that the fluid and bacteria constitute a single, continuous phase with homogeneous properties. Effective thermo-physical properties were determined to account for the presence of bacteria in the fluid, including density and specific heat using the mixture law, as well as effective dynamic viscosity employing the Brinkman model. Effective thermal conductivity was determined based on the Nielsen model, which considers the geometric shape and volume fraction of *E. coli* bacteria within the chamber. This research represents a novel application of the single-phase approach to simulate heat transfer in the combination of bacteria and water, an area not previously explored within this type of flow. Results demonstrate that the presence rate of bacteria ϕ within the fluidic chamber has a negligible effect on the thermal field. This can be attributed to the similar thermophysical properties of *E. coli* bacteria and water, as well as the minimal contribution of fluid properties to the temperature distribution due to the chamber's thin structure and small fluid volume. In addition, it was observed that increasing chamber's size leads to a reduction in the mixture temperature.

Acknowledgement

The article was supported by the National Science Centre, Poland, under research project "Shape and displacement optimization of gold nanorods in the killing chamber in order to photothermoablation processes", no. UMO-2021/43/D/ST8/02504. Computations were carried out using the computers of Centre of Informatics Tricity Academic Supercomputer & Network (CI TASK).

Uproszczony model matematyczny z określeniem zakresów warunków brzegowych parametrów ogniwa paliwowego

Sebastian Lepszy¹, Sebastian Rulik¹, Julian Jędrzejewski^{1,2}

¹ Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, ul. S. Konarskiego 18, 44-100 Gliwice

² Antea Polska SA, ul. Dulęby 5, 40-833 Katowice

e-mail: sebastian.lepszy@polsl.pl; sebastian.rulik@polsl.pl; julian.jedrzejewski@polsl.pl

Słowa kluczowe: ogniwo paliwowe, SOFC, modelowanie ogniwa paliwowego, charakterystyki ogniwa paliwowego, optymalizacja parametrów ogniwa paliwowego

Zastosowanie wodoru jako nośnika energii wymaga doskonalenia technologii jego wykorzystania. Ogniwa paliwowe wysokotemperaturowe charakteryzują się wysoką sprawnością wytwarzania energii elektrycznej z wodoru. Dodatkowo istnieje możliwość budowy układów kombinowanych umożliwiających dalsze zwiększenie sprawności. Optymalizacja ekonomiczna tego typu układów nie jest łatwa ze względu na dużą liczbę zmiennych decyzyjnych już w zakresie samego ogniwa paliwowego, jego konstrukcji i sposobu eksploatacji. Dla przeprowadzenia nawet wstępnych optymalizacji niezbędne jest opracowanie modelu termodynamicznego ogniwa paliwowego. W pracy przedstawiono uproszczony jednowymiarowy model SOFC. Założono, że ogniwo paliwowe zbudowane jest w postaci rur ze współprądowym przepływem paliwa i powietrza. Główne rezultaty analiz przeprowadzonych przy wykorzystaniu modelu to: powierzchnia ogniwa paliwowego, spadek ciśnienia gazu i powietrza przy przepływie, moc elektryczna ogniwa paliwowego, temperatury wylotowe czynników. Zmienne decyzyjne analiz to m.in.: napięcie pracy ogniwa, prędkość początkowa substratów, współczynnik wykorzystania paliwa, współczynnik nadmiaru powietrza, temperatura początkowa substratów.

Nowatorskim aspektem prezentowanej pracy jest przede wszystkim określenie zależności pomiędzy parametrami wejściowymi umożliwiającymi uzyskanie racjonalnych pod względem technicznym parametrów technicznych i eksploatacyjnych. W szczególności zwrócono uwagę na temperaturę wylotową produktów, spadek ciśnienia w ogniwie paliwowym, średnicę i długość ogniwa paliwowego.

Wyznaczanie współczynnika przejmowania ciepła podczas przepływu płynu HFE-7200 przez układ minikanatów poziomych z wykorzystaniem funkcji Trefftza

Beata Maciejewska¹, Magdalena Piasecka²

¹ Politechnika Świętokrzyska, Wydział Zarządzania i Modelowania Komputerowego, al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce

² Politechnika Świętokrzyska, Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn, al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce

e-mail: beatam@tu.kielce.pl; tmpmj@tu.kielce.pl

Słowa kluczowe: minikanaty, wymiana ciepła, wrzenie w przepływie, MES, funkcje Trefftza

Głównym celem pracy jest badanie wymiany ciepła, a w szczególności wyznaczenie współczynnika przejmowania ciepła podczas przepływu wrzącego czynnika chłodniczego (HFE-7200, producent firma 3M – Novec™ 7200) przez układ minikanatów poziomych o wspólnej ogrzewanej ścianie grzejnej, na podstawie wyników eksperymentalnych. Jako istotny element aparatury badawczej zastosowano sekcję testową z zestawem równoległych minikanatów o głębokości 1 mm i prostokątnym przekroju poprzecznym. Cienka folia stanowiła wspólną ścianę grzejną dla czynnika chłodniczego przepływającego wzdłuż minikanatów. W celu pomiaru temperatury ściany grzewczej zastosowano technikę termowizji. Ściana przeciwna do podgrzewanej była przezroczysta, co umożliwiło obserwację struktur przepływu. Podczas eksperymentów asymetrycznie ogrzewana sekcja testowa przybierała dwie poziome orientacje przestrzenne: 0° i 180°.

Lokalne współczynniki przejmowania ciepła między ścianą grzejną a czynnikiem chłodniczym przepływającym przez minikanaty obliczono na podstawie warunku Robina. Rozkład temperatury w ścianie grzejnej opisano równaniem przewodzenia ciepła, a temperatura płynącego płynu spełniała równanie Fouriera–Kirchhoffa. Równania te uzupełniono o układ odpowiednich warunków brzegowych wynikających z warunków eksperymentalnych. Sformułowany problem jest zagadnieniem odwrotnym przepływu ciepła. Rozwiązano go za pomocą metody Becka połączonej z metodą elementów skończonych z funkcjami Trefftza jako funkcjami bazowymi.

Wartości współczynników przejmowania ciepła dla testowanych przypadków orientacji sekcji testowej zostały zilustrowane oddzielnie w obszarze wrzenia przechłodzonego i obszarze wrzenia nasyconego. Przedstawiono przebiegi wybranych krzywych wrzenia.

Nowatorskim aspektem prezentowanej pracy są badania eksperymentalne wykonane na zaprojektowanym stanowisku testowym dostosowanym do zmiennej orientacji przestrzennej modułu z układem minikanatów (zawierającym 3–25 minikanatów) oraz obliczenia numeryczne wykonane za pomocą autorskiej procedury obliczeniowej opartej na metodzie Becka, MES i funkcjach Trefftza, ściśle dostosowanej do danych eksperymentalnych.

Wykorzystanie metod optycznych w badaniach zjawisk przepływowych w strumienicy dwufazowej

Paweł Madejski, Michał Karch

Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki. al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

e-mail: madejski@agh.edu.pl; karch@agh.edu.pl

Słowa kluczowe: optyczne metody pomiarowe, strumienica, przepływy dwufazowe

Obecnie w wielu sektorach przemysłu rozwija się technologie związane z redukcją zanieczyszczeń gazowych w technologiach energetycznych. W celu ograniczenia emisji CO₂ rozwijane są systemy jego wychwytu w procesach spalania paliw. Istotną częścią układu wychwytu CO₂ mogą stanowić procesy skraplania i separacji wytwarzanych spalin. Stosowane są systemy skraplania z bezpośrednim kontaktem (DCC), które cechują się licznymi zaletami. W takich układach można zastosować skraplacze strumienicowe. W ramach projektu POLNOR: „nCO₂PP – Negative CO₂ emission gas power plant” w AGH zbudowano prototypowe stanowisko umożliwiające badanie zjawisk zachodzących w skraplaczu strumienicowym. Stanowisko pozwala na prowadzenie analizy zjawisk przepływowych dwufazowych zachodzących w strumienicy przy zastosowaniu optycznych metod pomiarowych.

W pracy przedstawiono aktualnie stosowane optyczne metody pomiarowe. Omówiono zasadnicze części zbudowanej instalacji badawczej ze wskazaniem na wybraną metodę pomiarową. Przedstawiono również wybrane wyniki przeprowadzonych eksperymentów.

Podziękowania

Badania otrzymały dofinansowanie z Funduszy Norweskich 2014–2021 za pośrednictwem Narodowego Centrum Badań i Rozwoju. Artykuł powstał w ramach projektu: „Elektrownia gazowa o ujemnej emisji CO₂” – NOR/POLNORCCS/NEGATIVE-CO₂-PP/0009/2019-00 współfinansowanego z programu „Badania stosowane” w ramach Norweskich Mechanizmów Finansowania 2014–2021 POLNOR CCS 2019 – Rozwój zintegrowanych rozwiązań wychwytywania CO₂ w procesach energetycznych i przemysłowych.

Koncepcja układu energetycznego o ujemnej emisji CO₂ integrującego elektrociepłownię gazowo-parową z instalacją zgazowania biomasy i instalacją wychwyty CO₂

Paweł Madejski, Navaneethan Subramanian, Marian Banaś, Sławomir Różycki, Tymoteusz Turlej

Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, al. Adama Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

e-mail: madejski@agh.edu.pl

Słowa kluczowe: elektrociepłownia gazowo-parowa, ujemna emisja CO₂, turbina gazowa, wychwyty CO₂, analiza energetyczna

Paliwa gazowe wytwarzane w procesie zgazowania biomasy lub osadów ściekowych są uznawane za paliwa neutralne pod względem emisji CO₂, a ich stosowanie wraz z technologią wychwytywania CO₂ może prowadzić do uzyskania ujemnych wartości emisji CO₂ w procesie produkcji energii elektrycznej i ciepła. W pracy przedstawiono koncepcję i wybrane wyniki symulacji pracy układu energetycznego w postaci elektrociepłowni gazowo-parowej zintegrowanej z instalacją produkcji paliwa gazowego z osadów ściekowych traktowanych jako biomasa oraz z instalacją wychwyty CO₂ z spalin. Analizowany układ to wieloskalowa elektrociepłownia gazowo-parowa wyposażona w dwie turbiny gazowe, dwa kotły odzysknicowe i jedną turbinę parową. Wysoka sprawność energetyczna jest możliwa do osiągnięcia poprzez zastosowanie skojarzonego wytwarzania energii elektrycznej i ciepła dla zasilania miejskiej sieci ciepłowniczej. Analiza parametrów pracy elektrociepłowni gazowo-parowej oraz instalacji produkcji gazu syntezowego i wychwyty CO₂ ze spalin jest możliwa poprzez wykorzystanie wyników modelowania komputerowego. Proponowany proces przekształcenia istniejącej elektrociepłowni w układ o ujemnej emisji CO₂ można ocenić za pomocą wyników opracowanych modeli oraz wskaźników technicznych. W pracy omówiono również właściwości paliw gazowych traktowanych jako neutralne pod względem emisji CO₂, które umożliwiają modyfikację elektrociepłowni gazowo-parowej w układ o ujemnej emisji CO₂.

Podziękowania

Badania otrzymały dofinansowanie z Funduszy Norweskich 2014–2021 za pośrednictwem Narodowego Centrum Badań i Rozwoju. Artykuł powstał w ramach projektu: „Elektrownia gazowa o ujemnej emisji CO₂” – NOR/POLNORCCS/NEGATIVE-CO₂-PP/0009/2019-00 współfinansowanego z programu „Badania stosowane” w ramach Norweskich Mechanizmów Finansowania 2014–2021 POLNOR CCS 2019 – Rozwój zintegrowanych rozwiązań wychwytywania CO₂ w procesach energetycznych i przemysłowych.

Analiza energetycznego i materiałowego potencjału biowęgla otrzymanych w procesie pirolizy biomasy odpadowej

Aneta Magdziarz¹, Janusz Koziański², Agata Mlonka-Mędrała¹, Wojciech Jerzak¹

¹ Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

² Lakehead University, Faculty of Engineering, 955 Oliver Road, Thunder Bay ON, Canada P7B 5E1

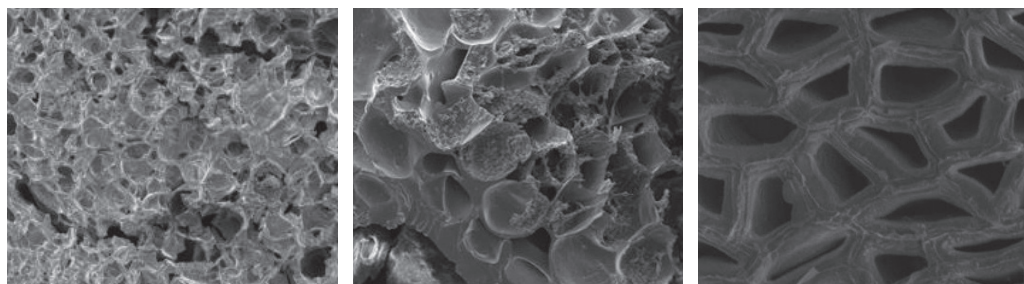
e-mail: amagdzia@agh.edu.pl; janusz.kozianski@lakeheadu.ca; amalonka@agh.edu.pl; wjerzak@agh.edu.pl

Słowa kluczowe: biomasa, odpady, biowęgiel, adsorbent, węgiel aktywny

Biowęgiel (ang. *biochar*) jest materiałem, który możemy otrzymać w wyniku termochemicznej konwersji (pirolizy, zgazowania, karbonizacji hydrotermicznej) różnego rodzaju biomasy i odpadów organicznych. Biowęgiel cechuje się dobrymi parametrami energetycznymi, jak również właściwościami adsorpcyjnymi. Dzięki rozwiniętej strukturze porowatej oraz wysokiej odporności termicznej, chemicznej i mechanicznej może być stosowany m.in. jako: (i) adsorbent do wychwytywania ditlenku węgla (CO₂); (ii) dodatek do gleby w celu poprawy żyzności gleby, retencji wody i dostępności składników odżywczych; (iii) uzdatniacz wody; (iv) dodatek paszowy dla zwierząt; (v) katalizator; (vi) materiał do budowy ogniw węglowych.

Biowęgle otrzymane w procesie pirolizy (rys. 1) lub zgazowania wymagają dalszej aktywacji w celu poprawy ich właściwości sorpcyjnych; w tym celu poddaje się je obróbce termochemicznej (np. aktywacja parą wodną) lub aktywacji chemicznej (np. w obecności KOH lub H₂SO₄). Należy podkreślić, że parametry fizykochemiczne biowęgla silnie zależą od zawartości poszczególnych składników budulcowych (hemielulozy, celulozy i ligniny) oraz mineralnych (obecność Mg, Al, Fe, Ni i Ca sprzyja chemicznej sorpcji CO₂) w biomacie i odpadach organicznych. Biowęgle o wysokiej zawartości ligniny w biomacie charakteryzują się dużą reaktywnością, natomiast te o wysokiej zawartości celulozy – dużą porowatością.

Synteza i wykorzystanie adsorbentów z bioodpadów jest jednym z działań ograniczających ilość deponowanych odpadów. Działania takie wpisują się w koncepcję gospodarki o obiegu zamkniętym, przynosząc korzyści środowiskowe dla człowieka, a jednocześnie wpływając na złagodzenie zmian klimatycznych.



Rys. 1. Zdjęcia struktury morfologicznej biowęgla otrzymanych w procesie pirolizy biomasy lignocelulozowej wykonane techniką elektroniczną mikroskopii skaningowej

Podziękowania

Praca była finansowana w ramach projektu „European Union's Horizon 2020 Research and Innovation Programme under the Marie Skłodowska-Curie grant agreement No 823745”.

NH₃-H₂O absorption refrigeration systems

Robert Matysko

Instytut Maszyn Przepływowych Polskiej Akademii Nauk, ul. Fiszerza 14, 80-231 Gdańsk

e-mail: matyskor@imp.gda.pl

Keywords: energy efficiency, absorption, refrigeration, Kalina cycle

Principle of operation of the ammonia-water absorption cycle is associated with thermodynamical equilibrium of two substances, out of which the first (propulsive) forces the working fluid through and the second (working fluid) transfers the heat supplied to the system. NH₃ is the working fluid and water is the absorbent. In the absorber, due to lack of thermodynamic equilibrium between two substances, ammonia is sucked from the area of lower pressure (evaporator or turbine outlet). Then it is transported by water into the generator, where the strong solution of water and NH₃ is evaporated. Ammonia is recovered from the mixture during rectification. Weak solution of water and NH₃ returns from rectifier to the absorber, whereas the separated NH₃ becomes involved in refrigeration (e.g. in ammonia absorption refrigeration chiller) or energetic processes (e.g. in Kalina cycle).

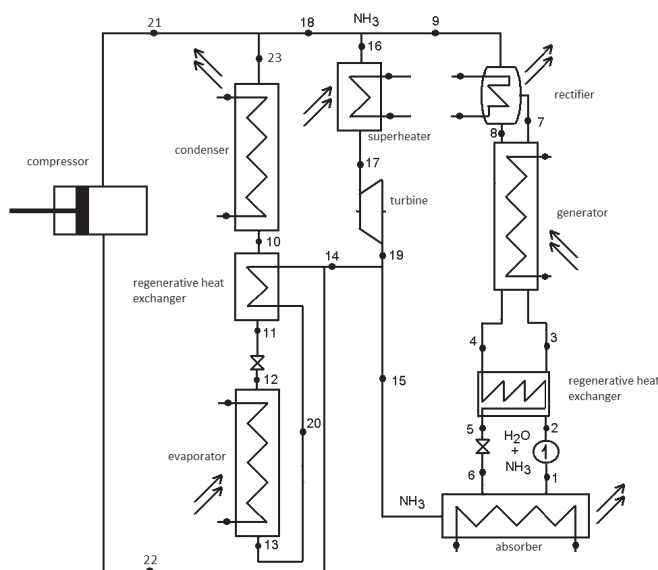


Fig. 1. Trigeneration ammonia hybrid compression-absorption system

Fig. 1 shows the own concept of new ammonia compression-absorption cycle. Theoretically this system has a number of advantages, such as the ability to produce electric current and chill when we have excessive high temperature heat, or chill production using compression system when we have a peak demand. There may be a certain technical difficulty in this case, that is creating a technology that would allow a very good separation of dampness from the ammonia. The energy balance and efficiency of the hybrid compression-absorption system was calculated.

Technologie wychwytu, transportu i składowania dwutlenku węgla – potencjał w Polsce

Wojciech Nowak, Paweł Gładysz

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Energetyki i Paliw, al. Adama Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

e-mail: wnowak@agh.edu.pl; pgladysz@agh.edu.pl

Słowa kluczowe: emisja dwutlenku węgla, wychwyt i składowanie dwutlenku węgla, strategia, klastry

W ostatnich kilku latach technologie wychwytu, transportu i składowania dwutlenku węgla (ang. *carbon capture and storage*, CCS) przeżywają renesans we wszystkich sektorach gospodarki, a szczególnie tam, gdzie redukcja emisji dwutlenku węgla poprzez inne rozwiązania jest niedostępna, technologicznie niemożliwa lub charakteryzuje się wysokimi kosztami. Technologie CCS wymieniane są również w kontekście osiągnięcia zerowego bilansu dwutlenku węgla w 2050 roku – rozwiązania technologiczne oparte na wykorzystaniu biomasy z wychwytem CO₂ lub jego bezpośrednim usuwaniu z powietrza pozwolą skompensować emisje gazów cieplarnianych do atmosfery, których nie będzie można wyeliminować.

Odpowiedzią na pojawiające się dzisiaj wyzwania w zakresie wdrożenia technologii CCS w Polsce, obok działań Ministerstwa Klimatu i Środowiska, jest projekt badawczy Programu GOSPOSTRATEG III „Strategia rozwoju technologii wychwytu, transportu, utylizacji i składowania CO₂ w Polsce oraz pilotaż Polskiego Klastra CCUS” (CCUS.pl), współfinansowany ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (nr umowy GOSPOSTRATEG-III/0034/2020). Jednym z unikatowych elementów projektu, obok przygotowania strategii rozwoju technologii CCS w Polsce wraz z projektami adekwatnych regulacji prawnych mających na celu stymulację zrównoważonego rozwoju tych technologii w Polsce, jest również ocena potencjału ich wdrożenia w poszczególnych sektorach.

Jak przedstawiono w tabeli 1, potencjał wdrożenia technologii CCS, począwszy od 2030 roku i wolumenu 2 mln ton CO₂ na rok, może wzrosnąć do ok. 70 mln ton CO₂ w roku 2040. Pod znakiem zapytania pozostaje docelowy wolumen technologii CCS w energetyce, który zależy silnie od rozwoju alternatyw w sektorze, takich jak m.in. energetyka jądrowa. Można natomiast założyć z dużą pewnością, że technologie CCS zdominują działania dekarbonizacyjne dla sektora produkcji cementu i wapna.

Tabela 1. Potencjał wdrożenia technologii CCS w Polsce na lata 2030–2040

Sektor	2030 r.	2035 r.	2040 r.
	[mln ton CO ₂ na rok]		
Energetyka zawodowa	0,0	2,0–4,0	8,0–30,0
Energetyka komunalna i spalarnie odpadów	0,0	1,0–2,0	3,0–6,0
Produkcja cementu, wapna i gipsu	1,0	5,0–7,0	10,0–14,0
Produkcja chemikaliów i wyrobów chemicznych	1,0	2,0–3,0	4,0–6,0
Produkcja metali i produkcja koksu	0,0	1,0–2,0	4,0–7,0
Rafinerie ropy naftowej	0,0	2,0–4,0	5,0–7,0
Łącznie	2,0	13,0–22,0	34,0–70,0

Analiza wpływu parametrów pracy zespołu turbiny parowej determinowanych przez warunki lokalizacyjne na jej charakterystyki pracy

Jakub Ochmann, Henryk Łukowicz, Łukasz Bartela

Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, ul. S. Konarskiego 18, 44-100 Gliwice

e-mail: jakub.ochmann@polsl.pl; henryk.lukowicz@polsl.pl; lukasz.bartela@polsl.pl

Słowa kluczowe: energetyka jądrowa, *Coal-to-Nuclear*, turbiny parowe, dekarbonizacja

Transformacja przemysłu, obejmująca przede wszystkim dekarbonizację sektora energetycznego, jest jednym z głównych celów gospodarek europejskich. W ostatnich latach w Polsce zintensyfikowano działania ukierunkowane na budowę pierwszych reaktorów jądrowych pracujących na rzecz krajowej energetyki. Według planów pierwszy reaktor AP1000 Westinghouse ma zostać uruchomiony w 2033 roku. Celem jest osiągnięcie do roku 2040 6–9 GW mocy z energetyki jądrowej. Jedną ze ścieżek dekarbonizacji jest koncepcja *Coal-to-Nuclear*, zakładająca budowę bloku jądrowego na terenie dotychczasowej działalności konwencjonalnej elektrowni węglowej. Tak sprofilowana inwestycja z uwagi na możliwość wykorzystania infrastruktury technicznej bloku węglowego może prowadzić do skrócenia czasu budowy oraz sporych oszczędności finansowych. W przypadku reaktorów generacji III możliwe jest wykorzystanie ujęć wody chłodzącej, układu wyprowadzenia mocy, infrastruktury transportowej. W przypadku potencjalnego wykorzystania w przyszłości reaktorów IV generacji możliwe z technicznego punktu widzenia jest wykorzystanie nawet wyspy turbinowej.

W ramach zrealizowanych prac ocenie poddano lokalizacje jednostek wytwórczych, które mogą stanowić przedmiot ścieżki dekarbonizacji *Coal-to-Nuclear*. Opracowano model obiegu cieplnego turbiny parowej, stanowiącej element bloku jądrowego, który umożliwia wielowariantową analizę porównawczą dla różnych konfiguracji i różnych warunków pracy. Dla analizowanych lokalizacji, właściwych dla posadowienia obecnie pracujących dużych systemów wytwórczych wykorzystujących węgiel, przeprowadzono analizę pozwalającą na ocenę możliwości zabudowy systemu jądrowego z uwagi na dostępność wody chłodzącej. Uwzględniano przy tym sposób połączenia pracujących kondensatorów. Dokonano obliczeń mocy bloku ze względu na warunki chłodzenia układu kondensatora. Wyniki analizy wskazują na potencjalne problemy związane z wymaganiami dotyczącymi dostępności wody chłodzącej.

Modelowanie przepływu krwi w tętnicach wieńcowych z uwzględnieniem dynamicznych zmian geometrii naczyń na podstawie segmentacji obrazów TK 4D

Ziemowit Ostrowski¹, Bartłomiej Melka¹, Wojciech P. Adamczyk¹, Maria Gracka¹, Marek Rojczyk¹, Krzysztof Psiuk-Maksymowicz^{2,3}, Damian Borys^{2,3}, Jarosław Wasilewski^{4,5}, Jan Głowacki^{5,6}, Ryszard Biatecki¹

¹ Politechnika Śląska, Katedra Techniki Ciepłej, ul. S. Konarskiego 22, 44-100 Gliwice

² Politechnika Śląska, Katedra Inżynierii i Biologii Systemów, ul. Akademicka 16, 44-100 Gliwice

³ Politechnika Śląska, Centrum Biotechnologii, ul. Krzywoustego 8, 44-100 Gliwice

⁴ Śląski Uniwersytet Medyczny, III Katedra i Klinika Kardiologii, ul. M. Curie-Skłodowskiej 9, 41-800 Zabrze

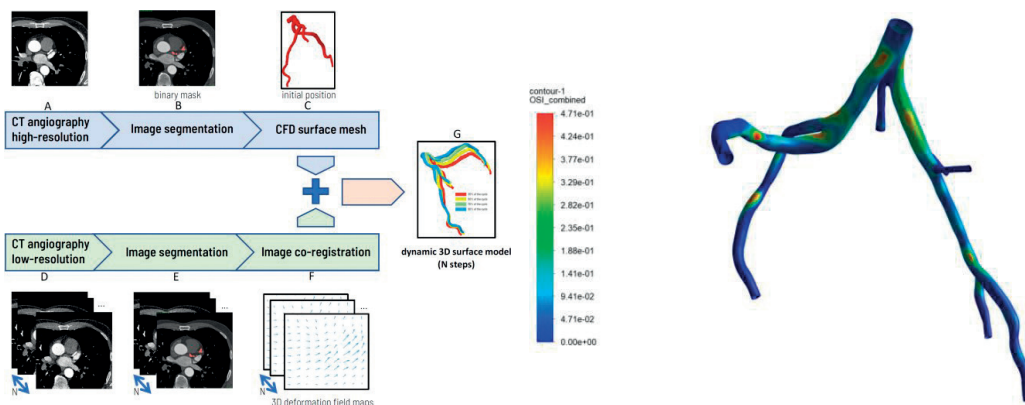
⁵ Śląskie Centrum Chorób Serca, ul. M. Curie-Skłodowskiej 9, 41-800 Zabrze

⁶ Śląski Uniwersytet Medyczny, Katedra i Zakład Radiologii Lekarskiej i Radiodiagnostyki, ul. M. Curie-Skłodowskiej 9, 41-800 Zabrze

e-mail: ziemowit.ostrowski@polsl.pl; wojciech.adamczyk@polsl.pl; damian.borys@polsl.pl; krzysztof.psiuk-maksymowicz@polsl.pl; jaroslaw-wasilewski@wp.pl; jglowacki@sum.edu.pl

Słowa kluczowe: modelowanie numeryczne, CFD, segmentacja, przepływ krwi, OSI

Zbudowano model numeryczny (CFD) przepływu krwi w tętnicach wieńcowych. W przeciwieństwie do pozostałej części obwodowego układu krwionośnego, w naczyniach wieńcowych przepływ krwi występuje w fazie rozkurczu, gdy spadki ciśnienia wynikające z oporów przepływu przez rozkurczone tętniczki i naczynia włosowate są mniejsze od ciśnienia rozkurczowego krwi w aortie. Dodatkowo, także ze względu na cykliczne skurcze mięśnia sercowego, geometria tych naczyń podlega odkształceniom podczas cyklu pracy serca (są one zaginane i skręcone przez poruszający się mięsień sercowy) (rys. 1).



Rys. 1. Proces budowy (segmentacji) modelu dynamicznie zmiennej geometrii naczyń wieńcowych z obrazów TK (po lewej); wynikowy indeks naprężeń oscylacyjnych OSI dla prezentowanego modelu CFD (po prawej)

W prezentowanym modelu nowością jest uwzględnienie zarówno zmiennej w czasie, dynamicznie zmieniającej się geometrii naczyń wieńcowych (otrzymanej przez segmentację sekwencji obrazów TK), jak i pulsacyjnego napływu krwi zgodnego z fizjologicznymi fazami skurczu serca.

Podziękowania

Badania zostały sfinansowane przez Narodowe Centrum Nauki w ramach projektu OPUS nr 2017/27/B/ST8/01046.

Zastosowanie OZE do zabezpieczenia produkcji kiełków warzywnych o podwyższonych parametrach jakościowych, doświetlanych światłem LED

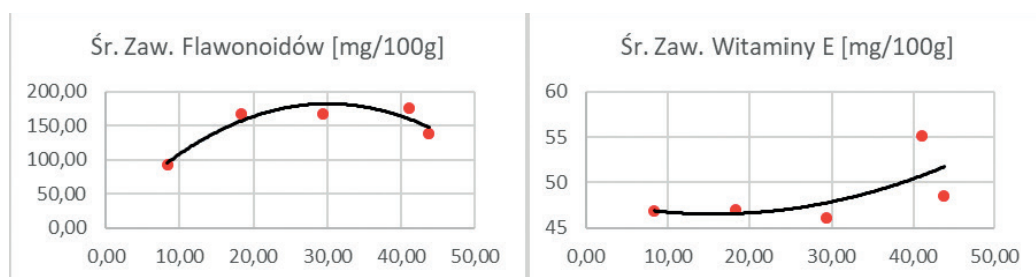
Marcin Panowski

Politechnika Częstochowska, Wydział Infrastruktury i Środowiska, ul. J.H. Dąbrowskiego 69, 42-201 Częstochowa

e-mail: marcin.panowski@pcz.pl

Słowa kluczowe: OZE, fotowoltaika, kiełki, doświetlanie LED

Przemysłowa uprawa kiełków warzywnych jest procesem energochłonnym, wymagającym znacznych ilości ciepła do przygotowania wody zużywanej do nawadniania wzrastających kiełków oraz energii elektrycznej niezbędnej do napędu wszystkich niezbędnych urządzeń. Ponadto w przypadku uprawy kiełków słonecznika energia elektryczna wykorzystywana jest w procesie doświetlania uprawy, np. lampami LED, w celu przyspieszenia procesu uprawy i uzyskania produktu o określonych parametrach jakościowych. Badania przemysłowe zrealizowane w ramach projektu POIR.01.01.01-00-0058/19 wykazały, że możliwe jest sterowanie procesem doświetlania światłem LED kiełków słonecznika w taki sposób, aby produkt końcowy charakteryzował się podwyższoną (w stosunku do produktu ze standardowej uprawy) zawartością substancji prozdrowotnych, takich jak witamina E oraz flawonoidy (rys. 1).



Rys. 1. Wpływ natężenia barwy czerwonej spektrum światła LED na zawartość flawonoidów i witaminy E w kiełkach słonecznika

W uprawie kiełków kluczowe znaczenie ma jednak zapewnienie stałości parametrów procesowych w całym cyklu uprawy, a w szczególności zabezpieczenie dostaw energii elektrycznej niezbędnej w procesie doświetlania.

W pracy zaprezentowano rezultaty badań wpływu doświetlania uprawy kiełków słonecznika sztucznym światłem typu LED na zawartość związków prozdrowotnych w produkcie końcowym. Ponadto przedstawiono koncepcję systemu i analizę energetyczną możliwości zabezpieczenia uprawy kiełków słonecznika poprzez zastosowanie instalacji fotowoltaicznej dla różnych scenariuszy produkcyjnych. Rezultaty prac wykazały, że dla analizowanej linii technologicznej do przemysłowej uprawy kiełków słonecznika istnieje możliwość zabezpieczenia produkcji poprzez zastosowanie systemu fotowoltaicznego, niezależnie od wybranych scenariuszy produkcyjnych. Ponieważ jednak zapotrzebowanie na energię elektryczną ze strony systemu doświetlania jest zmienne w całym cyklu uprawy i w zależności od scenariusza doświetlania waha się od ok. 13 kWh do ok. 156 kWh, skuteczne zabezpieczenie produkcji, szczególnie w okresie zimowym, wymaga zastosowania magazynu energii.

Metoda Trefftza w wymianie ciepła przy wrzeniu w przepływie przez prostokątny minikanal

Anna Pawińska¹, Mirosław Grabowski², Sylwia Hożejowska¹, Mieczysław E. Poniewski²

¹ Politechnika Świętokrzyska, Wydział Zarządzania i Modelowania Komputerowego, al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce

² Politechnika Warszawska, Filia w Płocku, ul. Łukasiewicza 17, 09-400 Płock

e-mail: a.pawinska@tu.kielce.pl; miroslaw.grabowski@pw.edu.pl; ztpsf@tu.kielce.pl; mieczyslaw.poniewski@pw.edu.pl

Słowa kluczowe: wymiana ciepła, wrzenie w przepływie, opory przepływu, minikanaly, metoda Trefftza

Praca dotyczy eksperymentalnych i numerycznych wyników badań wymiany ciepła przy wrzeniu wody destylowanej przepływającej przez asymetrycznie ogrzewany poziomy, prostokątny minikanal o długości 180 mm i wymiarach $4 \text{ mm} \times 1,5 \text{ mm}$. Minikanal powstał przez sklejenie trzech przezroczystych szklanych płyt oraz prostopadłościennego miedzianego bloku. Na zewnętrznej ścianie bloku miedzianego zamocowano, zasilane prądem stałym, cztery grzałki generujące ciepło potrzebne do podgrzewania wody przepływającej w minikanale. W trakcie eksperymentu zmierzono: temperaturę i ciśnienie na wlocie i wylocie do/z minikanalu, temperaturę w trzech wewnętrznych punktach miedzianego bloku, strumień objętości przepływającej wody, natężenie i napięcie prądu dostarczanego do grzałek. Ponadto przez przezroczystą boczną ściankę kanału za pomocą kamery do zdjęć szybkich rejestrowano struktury przepływu dwufazowego w celu wyznaczenia stopni zapelnienia. Eksperyment zrealizowano dla małych liczb Reynoldsa w zakresie: $126 \leq Re \leq 229$.

W obliczeniach założono, że proces wymiany ciepła w module pomiarowym jest ustalony, a właściwości termiczne stałych elementów modułu pomiarowego i przepływającego płynu nie zależą od temperatury. Na podstawie modelu jednorodnego oszacowano opory przepływu oraz spadek ciśnienia w minikanale. W obliczeniach przyjęto, że: (i) prędkość płynu ma tylko jedną niezerową składową, która spełnia równanie Naviera–Stokesa z zerowymi warunkami brzegowymi; (ii) temperatura cieczy spełnia równanie zachowania energii z warunkami brzegowymi zależnymi od danych eksperymentalnych. Oba równania różniczkowe cząstkowe rozwiązano metodą Trefftza z zastosowaniem dwóch różnych zbiorów funkcji Trefftza, właściwych dla równań różniczkowych. Znajomość rozkładu temperatury w miedzianym bloku i cieczy pozwoliła wyznaczyć, na podstawie warunku brzegowego trzeciego rodzaju, współczynnik przejmowania ciepła na powierzchni kontaktowej. W pracy zaprezentowano również krzywe wrzenia.

Nowatorski aspekt pracy to oszacowanie oporów przepływu i rozwiązanie zaproponowanego modelu wymiany ciepła w minikanale metodami opartymi na funkcjach Trefftza w celu wyznaczenia prędkości cieczy, dwuwymiarowego rozkładu temperatury wody, współczynnika przejmowania ciepła na styku blok miedziany–woda oraz krzywych wrzenia.

Influence of HTC on dewatering of sewage sludge

Halina Pawlak-Kruczek¹, Vishwajeet¹, Mateusz Kowal¹, Michał Czerep¹, Krystian Krochmalny¹, Michał Ostrycharczyk¹, Marcin Baranowski¹, Monika Tkaczuk¹, Łukasz Niedźwiecki¹, Amit Arora²

¹ Wrocław University of Science and Technology, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław

² Shaheed Bhagat Singh State University, Ferozepur 152004, Punjab, India

e-mail: halina.pawlak@pwr.edu.pl

Keywords: HTC, drying, sewage sludge

Nowadays, biomass is considered an important energy source, relatively abundant in Europe. Sewage sludge is a residue of the wastewater processing, that can be considered biomass, as it contains organic matter of biological origin. Since it is considered a biomass, thermal utilization routes could be considered attractive, due to CO₂ neutral character of biomass. Among thermal utilization routes incineration is often practiced and is often performed in fluidized beds and grate furnaces. Moreover, incineration is possible in cement facilities. As sewage sludge is considered biomass, solutions have been proposed aiming at achieving negative CO₂ emissions. Moreover, gasification of sewage sludge starts playing a more important role. However, very high above 80% moisture content is detrimental in terms of thermal utilization of this fuel, the conventional drying consumes huge amount heat. This paper presents results of investigation on mechanical dewatering and drying of sewage sludge, with and without implementing hydrothermal carbonization (HTC) as a valorization process, thus showing full potential of HTC in terms of enhancements in systemic energy efficiency in installations for thermal utilization of sewage sludge. Such results have never been published before.

Acknowledgement

The research leading to these results has received funding from the Norway Grants 2014–2021 via the National Centre for Research and Development. The article has been prepared within the frame of the project: “Negative CO₂ emission gas power plant” – NOR/POLNORCCS/NEGATIVE-CO₂-PP/0009/2019-00, which is co-financed by the program “Applied research” under the Norwegian Financial Mechanisms 2014–2021 POLNOR 2019 – Development of CO₂ capture solutions integrated into power and industry processes.

Badania wymiany ciepła przy wrzeniu podczas przepływu płynu FC-770 przez zespół minikanalów o różnej orientacji przestrzennej

Magdalena Piasecka, Kinga Strąk

Politechnika Świętokrzyska, Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn, al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce

e-mail: tmpmj@tu.kielce.pl; kzietala@tu.kielce.pl

Słowa kluczowe: wymiana ciepła, wrzenie w przepływie, minikanal, współczynnik przejmowania ciepła, termowizja

W pracy zaprezentowano wyniki eksperymentalnych badań wymiany ciepła przy wrzeniu podczas przepływu płynu FC-770 (Fluorinert™ FC-770, 3M) przez zespół minikanalów ogrzewanych asymetrycznie. Eksperymenty przeprowadzono na stanowisku badawczym, w którego skład wchodziły: główny obieg czynnika roboczego z modułem testowym, system akwizycji i przetwarzania danych pomiarowych wraz z systemem oświetlenia stanowiska oraz system zasilania prądu i jego kontroli. Moduł testowy zawierał 5 równoległych minikanalów o przekroju prostokątnym ze wspólną ścianą ogrzewaną o niewielkiej grubości (0,1 mm), wykonaną ze stopu Haynes 230. Każdy z minikanalów miał przekrój 1 mm × 6 mm. Serie eksperymentalne wykonano w warunkach stacjonarnych przy stałej wartości masowego natężenia przepływu (o wartości 42·10⁻⁴ kg/s) i niewielkim nadciśnieniu. W każdej serii badań moduł testowy ustawiano pod różnym kątem względem poziomu: co 15° w zakresie 0–180°. Podczas eksperymentów za pomocą kamery termowizyjnej wykonywano pomiar temperatury powierzchni grzejnej od jej strony zewnętrznej. Na powierzchni tej naniesiono czarną farbę o znanym współczynniku emisyjności (0,97). Przeciwległą wspólną ściankę minikanalów wykonano ze szkła, co umożliwiło rejestrację struktur przepływu dwufazowego za pomocą kamery do zdjęć szybkich. W trakcie badań w kolektorze wlotowym i wylotowym modułu testowego rejestrowano temperaturę płynu z wykorzystaniem termoelementów typu K oraz ciśnienie za pomocą przetworników ciśnienia, a także parametry elektryczne ogrzewanej oporowo folii grzejnej. Podczas serii eksperymentalnych następowało stopniowe zwiększanie strumienia ciepła dostarczanego do folii grzejnej.

Celem obliczeń było wyznaczenie lokalnych współczynników przejmowania ciepła pomiędzy ścianą ogrzewaną a płynem w minikanale. Zestawiono wyniki uzyskane dla różnych ustawień przestrzennych minikanalu, a w analizie wykorzystano zarejestrowane struktury przepływu dwufazowego. Obliczenia współczynnika przejmowania ciepła przeprowadzono dla kanału środkowego przy wykorzystaniu uproszczonej metody obliczeniowej 1D, uwzględniającej główny kierunek przepływu ciepła prostopadły do kierunku przepływu płynu i szerokości minikanalu. Rezultaty badań zaprezentowano jako zależności temperatury powierzchni grzejnej i współczynnika przejmowania ciepła w funkcji odległości od wlotu do kanału dla wybranych orientacji przestrzennych modułu testowego. Dodatkowo wyniki zilustrowano w funkcji zmiennej orientacji modułu. Ponadto pokazano przebiegi przykładowych krzywych wrzenia oraz typowe struktury przepływu dwufazowego, charakterystyczne dla testowanych orientacji przestrzennych modułu testowego.

Nowatorskim aspektem prezentowanej pracy jest ocena intensywności wymiany ciepła przy wrzeniu czynnika roboczego FC-770 przepływającego przez zestaw minikanalów ogrzewanych asymetrycznie dla orientacji przestrzennej w zakresie 0–180°, zmiennej co 15°.

Analiza i badania efektywności ruchu samochodu bateryjno-elektrycznego oraz zasilanego wodorem w odniesieniu do rzeczywistych warunków ruchu

Piotr Piątkowski

Politechnika Koszalińska, Wydział Mechaniczny, ul. Raclawicka 15-17, 75-620 Koszalin

e-mail: piotr.piatkowski@tu.koszalin.pl

Słowa kluczowe: napęd elektryczny, efektywność, wodór, warunki ruchu

W artykule przedstawiono sposób oceny efektywności energetycznej, ekologicznej i ekonomicznej eksploatacji pojazdów z napędem bateryjno-elektrycznym, a w tym także tych, gdzie wykorzystuje się ogniwa paliwowe typu PEM zasilane wodorem. Ocena odnosi się do wskaźników wykorzystania energii dostępnej na pokładzie pojazdu, jak i energii dostarczanej ze źródeł zewnętrznych – sieci elektroenergetycznych oraz lokalnych magazynów energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych. Przedstawiono strukturę procesu przepływu energii w pojazdach typu BEV i FCV oraz wyjaśniono istotę wskaźników opisujących zużycie energii na etapie jej dostarczenia na pokład pojazdu (WTT), dalszego jej wykorzystania do wytworzenia siły napędowej i ruchu pojazdu (TTW) oraz całościowego procesu konwersji i przepływu (WTW) na przykładzie systemu napędowego i cech funkcjonalnych obu pojazdów w przeliczeniu do wykonanej pracy przewozowej oraz przebiegowej. W części eksperymentalnej przedstawiono metodykę oraz wyniki analizy badań zużycia drogowego energii przez samochód osobowy typu bateryjno-elektrycznego, eksploatowany w zdefiniowanych parametrycznie (rzeczywistych) warunkach ruchu typowo miejskiego i podmiejskiego. Uzyskane wyniki badań odniesiono do przeliczeniowych wskaźników zużycia energii w postaci wodoru przez równoważny pojazd typu FCV. Wyniki zestawiono w celu określenia energochłonności ruchu takich pojazdów, gdzie odniesiono się także do wyników odpowiadającym pojazdom konwencjonalnym. Na podstawie uzyskanych wyników badań sformułowano oceny efektywności energetycznej i ekologicznej procesu eksploatacji pojazdów BEV i FCV. Dodatkowo, oszacowano wskaźniki kosztocłonności tych pojazdów w pięcioletnim okresie eksploatacji.

Badania eksperymentalne i analiza struktur przepływu przy wrzeniu w przepływie czynnika R1234ze w warunkach podwyższonego ciśnienia zredukowanego

Michał Pysz¹, Romuald Rulliere², Rémi Revellin², Dariusz Mikielwicz¹

¹ Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

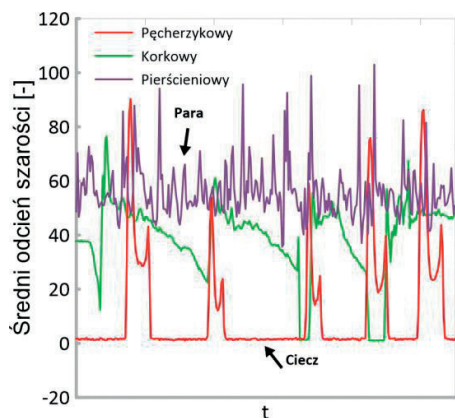
² Université de Lyon, INSA Lyon, CNRS, CETHIL, 69621 Villeurbanne, Francja

e-mail: michal.pysz@pg.edu.pl

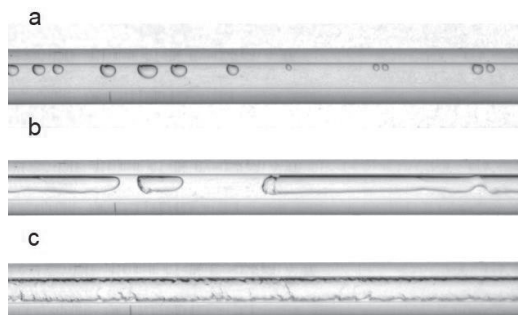
Słowa kluczowe: wrzenie w przepływie, struktury przepływu, minikanaly, wizualizacja, ORC

W związku ze stopniowym wycofywaniem czynników chłodniczych z grupy HFC coraz większy nacisk kładzie się na poszukiwanie potencjalnych zamienników, czy to spośród naturalnych czynników chłodniczych, czy wśród nowych płynów syntetycznych charakteryzujących się niskim wpływem na środowisko naturalne. Spośród czynników syntetycznych wyróżnia się grupa czynników HFO (hydrofluoro-olefiny). Należący do tej grupy R1234ze ma potencjał do wykorzystywania go w zakresie wysokich temperatur saturacji, na przykład w układach ORC. W literaturze występuje luka dotycząca danych eksperymentalnych dla tego czynnika w zakresie podwyższonych temperatur saturacji.

W ramach pracy przeprowadzono badania eksperymentalne czynnika R1234ze przy wrzeniu w przepływie wewnątrz pojedynczego cylindrycznego kanału. Sekcja pomiarowa to pozioma rurka o średnicy 2 mm. Pomiaru zostały zrealizowane dla prędkości masowych 200–800 kg/m²s, gęstości strumienia ciepła 10–40 kW/m² oraz ciśnień zredukowanych 0,25–0,68. Ponadto w ramach badania analizowano struktury przepływów dwufazowych oraz ich wpływ na wymianę ciepła. W tym celu, wykorzystując szybką kamerę, rejestrowano obrazy, które następnie poddano obróbce przy zastosowaniu komputerowych technik analizy obrazu. Rys. 1 przedstawia jedną z użytych technik, służącą do ilościowego określenia struktury przepływu wewnątrz kanału. Metoda ta pozwala na określenie średniego odcienia szarości dla analizowanego fragmentu sekcji wizualizacyjnej i przedstawienie go w funkcji czasu. Rys. 2 przedstawia przykłady analizowanych fotografii.



Rys. 1. Charakterystyka średniej wartości odcienia szarości dla wybranych struktur przepływu



Rys. 2. Fotografie struktur przepływu analizowanych na rys. 1: a) pęcherzykowy; b) korkowy; c) pierścieniowy

Heat transfer in a metallic-nanoparticles-contained system using the discrete-ordinates and thin-film-adjusted models

Piotr Radomski¹, Paweł Ziótkowski¹, Luciano De Sio², Dariusz Mikielewicz¹

¹ Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

² Sapienza University of Rome, Department of Medico-Surgical Sciences and Biotechnologies, Corso della Repubblica, 79 04100 – Latina (LT), Italy

e-mail: piotr.radomski@pg.edu.pl

Keywords: heat transfer; metallic nanoparticles, Mie-Lorentz theory; discrete-ordinates model

Throughout energy machines, the majority of them are restricted by the high losses between a sheet and a working fluid. Such a situation is particularly visible in solar collectors where heat exchange is sluggish. In order to accelerate heat transfer and to maintain the similar efficiency, the working fluid itself should generate and carry heat along the flow.

Here, metallic nanoparticles emerge as a new strategy due to their promising energy conversion from light to heat, which may boost the efficiency both when nanoparticles are anchored to a surface and when they move directly along the flow. In this work, heat transfer of noble metallic nanoparticles is investigated using two different numerical approaches, classical discrete-ordinate radiative model and the authors' proposal, which consider the converted heat in a discretized tubular system. Mass flow is described via single-phase equations, material properties and thermal boundary conditions are established from available literature, whereas optical boundary conditions are calculated analytically using either accurate and complex Mie-Lorentz theory or simplified Rayleigh approximation, dedicated for the surface phenomena. All simulations are run via ANSYS Fluent (version 22.1) and Wolfram Mathematica (version 13.1) software on the Tryton supercomputer.

Primary results have revealed a dozen and some Celsius degrees increase for sparsely aligned gold nanoparticles deposited on a surface and located along with flow respectively. Temperature may be higher if lower distance between nanoparticles are considered, which, however, implies more difficult and significantly higher costs in the real applications.

Acknowledgement

The article was supported by the National Science Centre, Poland, under research project "Shape and displacement optimization of gold nanorods in the killing chamber in order to photothermoablation processes", no. UMO-2021/43/D/ST8/02504.

Computations were carried out using the computers of Centre of Informatics Tricity Academic Supercomputer & Network (CI TASK).

Zastosowanie entropii wieloskalowej w badaniach złożoności przepływów dwufazowych

Gabriela Rafałko¹, Romuald Mosdorf¹, Hubert Grzybowski¹, Paweł Dzieńis¹, Grzegorz Górski²

¹ Politechnika Białostocka, Katedra Mechaniki i Informatyki Stosowanej, ul. Wiejska 45A, 15-351 Białystok

² Politechnika Białostocka, Katedra Inżynierii Materiałowej i Produkcji, ul. Wiejska 45A, 15-351 Białystok

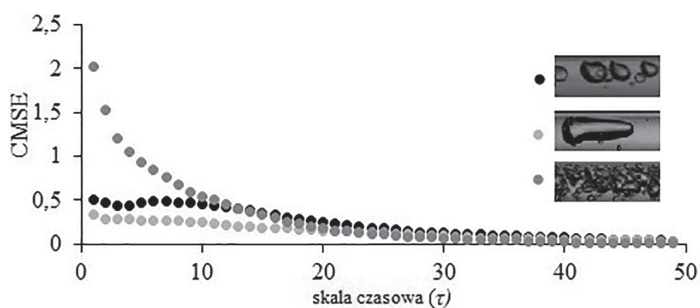
e-mail: gabriela.rafalko@pb.edu.pl; r.mosdorf@pb.edu.pl; h.grzybowski@pb.edu.pl; p.dzienis@pb.edu.pl; g.gorski@pb.edu.pl

Słowa kluczowe: entropia wieloskalowa, przepływ dwufazowy, analiza obrazu

W pracy przedstawiono wyniki badania złożoności przepływów dwufazowych za pomocą metod opartych na koncepcji entropii z wykorzystaniem danych zarejestrowanych w postaci filmów.

Zaproponowano zastosowanie entropii wieloskalowej CMSE (ang. *composite multiscale sample entropy*) do analizy filmów przedstawiających przepływy dwufazowe. Entropia wieloskalowa pozwala analizować złożoność szeregów czasowych w różnych skalach czasowych. Algorytm CMSE wykorzystano do identyfikacji struktur przepływu dwufazowego (woda–gliceryna i powietrze) bez zmiany fazy na podstawie analizy zmian jasności pikseli pobieranych ze środkowej części kanału (środkowej części klatki filmu). Pokazano, że kształt funkcji entropii i ich monotoniczność w funkcji skal czasowych są różne w zależności od struktury przepływu obserwowanej na klatce filmu (rys. 1).

Przedstawiono również wyniki zastosowania wielowymiarowej entropii wieloskalowej MMSE (ang. *multivariate multiscale sample entropy*) do oceny dynamiki zmiany fazy w układzie wielokanałowym w trakcie przepływu dwufazowego we wrzeniu. W tym celu obliczono wielowymiarową entropię wieloskalową zmian jasności pikseli zarejestrowanych na kolejnych klatkach filmu w dziesięciu mikrokanalach jednocześnie. Na podstawie zmian funkcji MMSE i zarejestrowanego filmu zaobserwowano, że maksimum wielowymiarowej entropii wieloskalowej w funkcji położenia analizowanego fragmentu kanału wyznacza obszar najbardziej gwałtownych zmian fazy.



Rys. 1. Entropia wieloskalowa (CMSE) w funkcji skal czasowych dla trzech struktur przepływu

Badania aortalnej biologicznej zastawki serca

Marek Rojczyk¹, Aleksander Sinek¹, Wojciech P. Adamczyk¹, Adam Janas^{2,3}, Karolina Łukasik³, Piotr Buszman^{2,3}

¹ Politechnika Śląska, Pracownia Inżynierii Biomedycznej, ul. S. Konarskiego 22, 44-100 Gliwice

² Krakowska Akademia im. Andrzeja Frycza Modrzewskiego, Wydział Lekarski i Nauk o Zdrowiu, ul. Gustawa Herlinga-Grudzińskiego 1, 30-705 Kraków

³ Polsko-Amerykańskie Kliniki Serca, Centrum Badawczo-Rozwojowe Układu Krążenia

e-mail: marek.rojczyk@polsl.pl

Słowa kluczowe: biologiczna zastawka serca, VUQ

Stenoza aortalna (AS) jest jedną z najczęstszych wad zastawkowych w populacji dorosłych pacjentów. Nieleczona AS wiąże się ze znacznym skróceniem długości życia oraz istotnym obniżeniem jego komfortu. Obecnie coraz szerzej stosowaną metodą leczenia ciężkiej AS jest implantacja przezskórna zastawki biologicznej (TAVI) w miejsce zwężonej natywnej zastawki. Zabieg TAVI jest zarezerwowany dla pacjentów najstarszych oraz obciążonych chorobami współistniejącymi, u których ryzyko klasycznej operacji kardiochirurgicznej jest nieakceptowalne.

Pierwszorzędnym celem pracy było opracowanie systemu śledzenia płatków zastawki za pomocą szybkiej kamery poklatkowej (Phantom VEO) przy jednoczesowym pomiarze ciśnienia przed i za zastawką (przetworniki ciśnienia APT300 Harvard Apparatus) oraz przepływu (przepływomierz Dosimag Endress-Hauser).

Drugorzędnym celem pracy było opracowanie danych do numerycznego modelu zastawki aortalnej, uwzględniających nie tylko wymienione powyżej zmierzone warunki brzegowe, ale także informację o zmieniającej się geometrii płatków zastawki.

W stanowisku doświadczalnym wykorzystano jako medium wodę zdemineralizowaną, która pozwala na dość wierne odtworzenie charakteru przepływu krwi.

Całość układu zasilano przy pomocy pompy tłokowej Harvard Apparatus Dual Phase Control, zmodyfikowanej tak, że wymontowano z niej zastawkę fabryczną i zastąpiono nową badaną zastawką biologiczną.

Aby w poprawny sposób odzwierciedlić naczynia włosowate oraz sprężystość tętnic, na wypływie z układu zastosowano 3-elementowy układ Windkessela. Całość danych przesyłano do układu zbierającego dane, składającego się z kontrolera National Instruments cRIO-9074 pracującego w trybie FPGA, uzupełnionego odpowiednimi kartami pomiarowymi. Pomiar odbywał się co 10 ms, dodatkowo układ został wyposażony w wyzwalacz podłączony do szybkiej kamery, co umożliwiło jednoczesowe wyzwolenie pomiarów ciśnienia i przepływu, a także szybkiej kamery.

Nowatorskim aspektem pracy są badania biologicznej zastawki aortalnej zastawki serca na specjalistycznym stanowisku doświadczalnym ukierunkowane na przygotowanie danych wejściowych do modelu numerycznego tej zastawki.

Podziękowania

Praca finansowana jest ze środków Ministerstwa Edukacji i Nauki w ramach subwencji badawczej Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej.

Proposal of the Nusselt number correlation to predict thermal effect of Ag and CuO nanofluids thermo-magnetic convection

Aleksandra Roszko, Elżbieta Fornalik-Wajs

AGH University of Krakow, Faculty of Energy and Fuels, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

e-mail: roszko@agh.edu.pl; elzbieta.fornalik@agh.edu.pl

Keywords: nanofluid, thermomagnetic convection, Nusselt number correlation, experimental analysis, Ag nanofluid, CuO nanofluid

Nanofluids are commonly considered useful fluids with the possibility of being applied in a heat transfer area, for example in the solar systems. Utilization of nanoparticles is treated as a passive method to enhance heat transfer rate; however, it is limited by the concentration of nanoparticles and their price. Therefore, there was an idea to apply a hybrid method combining passive addition of nanoparticles and active imposition of the magnetic field. Heat transfer processes in the case of thermal convection influenced by the strong steady magnetic field were the subject of extensive and complex studies. The analyses were conducted both experimentally and numerically; however, in the present paper only the experimental results will be discussed.

The thermomagnetic convection that occurs in a cubic enclosure, filled with a nanofluid, in the Rayleigh–Benard configuration (bottom side was heated, while top one was cooled) was investigated. The temperature of both differentially heated sides and nanofluid at various elevations in the vicinity of one side walls was measured by thermocouples. The aim of the studies was to find whether the strong magnetic field would be able to enhance or attenuate the thermal convection. An influence of the magnetic induction, fluid properties, and experimental conditions, defining the thermo-magnetic Rayleigh number, on the Nusselt number, was looked for. It resulted in the construction of an experimental correlation for Ag and CuO water-based nanofluids incorporating the thermomagnetic Rayleigh number, nanoparticles' concentration, and their magnetic susceptibility. It should be emphasized that it is a first attempt to such a relation, since in the literature there are no reports discussing this problem. The agreement between the experimental data and the proposed expression is within the $\pm 30\%$ range, which is at this moment satisfactory. The correlation can be applied in prediction of thermal effect of magnetic field presence, for verification of numerical models and extantion of the analyses.

Acknowledgement

This research was supported by the Ministry of Education and Science Republic of Poland and by program "Excellence Initiative – Research University" for the AGH University of Science and Technology.

Experimental investigation of internal heat transfer in Stirling engine heat exchangers

Bartłomiej Rutczyk, Ireneusz Szczygieł, Zbigniew Buliński

Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, ul. S. Konarskiego 22, 44-100, Gliwice

e-mail: bartlomiej.rutczyk@polsl.pl; ireneusz.szczygiel@polsl.pl; zbigniew.bulinski@polsl.pl

Keywords: Stirling engine, heat transfer, heat exchanger

Low power density of Stirling engines necessitates investigations into its enhancement. The heat transfer between the internal engine walls and the working fluid has been identified as a major bottleneck in this regard. Engineering tools, such as heat transfer correlations for Stirling engine heat exchangers are however scarcely available in literature. In this work, the internal heat transfer is investigated using a zero-dimensional model and experimental work. Heat transfer correlations potentially describing the phenomenon were found, and treated as part of the zero-dimensional model. This is then validated using experimental measurements. It is found that for the investigated engine (Genoa Stirling ML3000), the formulas of Kanzaka, Toda and Annand are the most consistent with experimental results. Furthermore, correction factors are proposed which improve the quality of heat.

Validating Stirling engine models with regards to heat transfer correlations can be considered novel. Though simplified zero-dimensional and one-dimensional models have been created by many authors, the customary approach is to select a single heat transfer correlation for the model or for the particular engine case.

Cyfrowy bliźniak kotła CFB bloku energetycznego Elektrowni Łągisza oraz jego model zredukowany w predykcyjno-preskrypcyjnym modułowym systemie sterowania pracą bloku

Arkadiusz Ryfa¹, Ziemowit Ostrowski¹, Sławomir Śladek¹, Bartłomiej Melka¹, Adam Klimanek¹, Lucyna Czarnowska¹, Agata Widuch¹, Andrzej J. Nowak¹, Paweł Morkisz², Kari Myöhänen³, Jouni Ritvanen³, Ari Kettunen⁴, Marcin Klajny⁵, Michał Budnik⁵, Wojciech P. Adamczyk¹

¹ Politechnika Śląska, Katedra Techniki Ciepłej, ul. S. Konarskiego 22, 44-100 Gliwice

² Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Katedra Analizy Matematycznej, Matematyki Obliczeniowej i Metod Probabilistycznych, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

³ LUT University, LUT School of Energy Systems, Yliopistonkatu 34, FI-53850 Lappeenranta, Finland

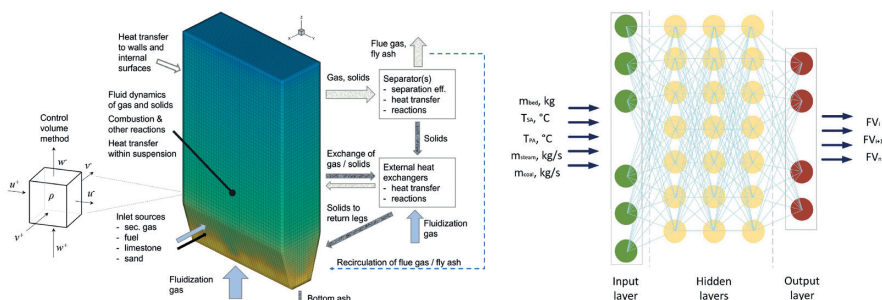
⁴ Sumitomo SHI FW Energia Oy, Relanderinkatu 2, FI-78200 Varkaus, Finland

⁵ Sumitomo SHI FW Energia Polska Sp. z o.o., ul. Staszica 31, 41-200 Sosnowiec

e-mail: arkadiusz.ryfa@polsl.pl; ziemowit.ostrowski@polsl.pl; slawomir.sladek@polsl.pl; bartlomiej.melka@polsl.pl; adam.klimanek@polsl.pl; lucyna.czarnowska@polsl.pl; agata.widuch@polsl.pl; andrzej.j.nowak@polsl.pl; wojciech.adamczyk@polsl.pl; morkiszp@agh.edu.pl; Kari.Myohanen@lut.fi; Jouni.Ritvanen@lut.fi; ari.kettunen@shi-g.com; marcin.klajny@shi-g.com; michal.budnik@shi-g.com

Słowa kluczowe: cyfrowy bliźniak, kocioł energetyczny, CFD, model zredukowany, sztuczna inteligencja

Opracowano i zwalidowano cyfrowy bliźniak – pełnoskalowy model numeryczny (ang. *computational fluid dynamics*, CFD) – kotła energetycznego z cyrkulacyjnym złożem fluidalnym (ang. *circulating fluidized bed*, CFB). Dodatkowo, aby umożliwić wykorzystanie modelu w systemie sterowania online (tj. z możliwie krótkimi czasami wykonywania obliczeń), zbudowano zredukowany model (ang. *reduced order model*, ROM) oparty na algorytmach sztucznej inteligencji (AI). Dane do uczenia (trenowania) modelu ROM pochodzą z wariantowych obliczeń modelu CFD wykorzystujących cyfrowy bliźniak kotła (rys. 1).



Rys. 1. Pełnoskalowy model CFD kotła CFB (lewa strona). Uproszczona architektura ANN modelu ROM (prawa strona)

Cyfrowy bliźniak jest elementem systemu zarządzania dyspozycyjnością i niezawodnością infrastruktury przemysłowej na bazie algorytmów sztucznej inteligencji wspieranych modelami cyfrowymi. Opracowany innowacyjny, predykcyjno-preskrypcyjny (przewidywanie awarii – działanie doradcze), modułowy system sterowania jest innowacją w skali światowej. Jako element obiektu demonstracyjnego prezentowany cyfrowy bliźniak kotła CFB i jego model ROM zostały wdrożone do komputerowego systemu kontroli i eksploatacji bloku energetycznego o mocy 460 MWe Elektrowni Łągisza w Będzinie w celu zwiększenia jego dyspozycyjności.

Podziękowania

Badania zostały sfinansowane przez NCBiR w ramach Programu „Inteligentny Rozwój”, umowa nr POIR.01.01.01-00-1253/19 (OPTI_AI_UNIT) oraz MEiN w ramach subwencji badawczej Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej.

Analiza techniczno-ekonomiczna produkcji zielonego amoniaku w procesie skojarzonym z układem CHP z wykorzystaniem silnika CI

Andrzej Sachajdak, Wojciech P. Adamczyk, Grzegorz Przybyła

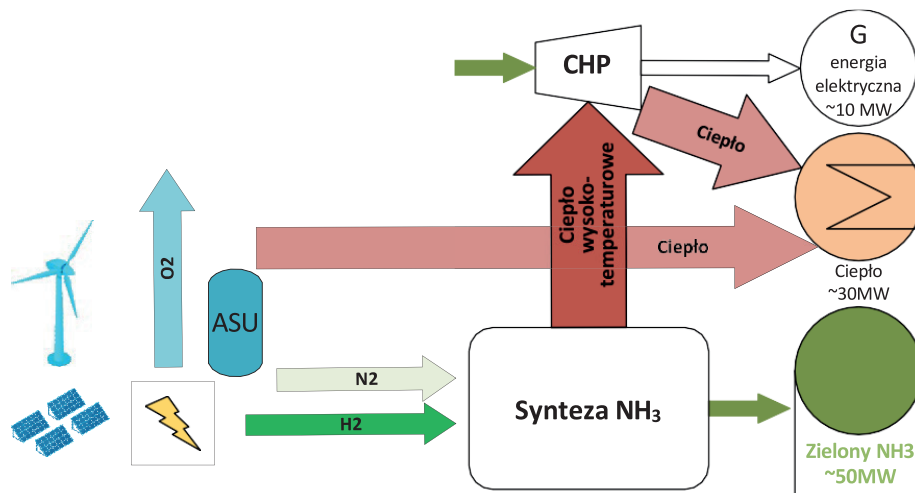
Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, ul. S. Konarskiego 22, 44-100 Gliwice

e-mail: asachajdak@polsl.pl

Słowa kluczowe: zielony amoniak, CHP, amoniakalny CHP, zielona energia

Amoniak wyprodukowany w 100% z zielonego wodoru oraz z wyłącznym użyciem energii odnawialnej, nazywany w literaturze zielonym amoniakiem, jest uważany za obiecujący nośnik zielonego wodoru. W porównaniu z czystym wodorem oferuje dużo większą objętościową gęstość energii. Z tego względu amoniak uważany jest za perspektywiczne paliwo alternatywne, wolne od emisji CO₂, porównywalne z innymi biopaliwami. Wyzwaniem w upowszechnianiu zielonego amoniaku jako paliwa jest wysoki koszt energetyczny wytwarzania amoniaku ze źródeł OZE. W najprostszym podejściu wodór pozyskiwany jest na drodze elektrolizy, a następnie w procesie Habera–Boscha syntezowany jest NH₃. Sprawność energetyczna takiego procesu jest jednak niska. Jedynie około 50% energii pozyskanej z OZE zamieniane jest w energię chemiczną amoniaku. Pozostałe 50% energii stanowi ciepło odpadowe.

W ramach projektu ACTIVATE rozwija się technologie użycia amoniaku jako paliwa alternatywnego w silnikach spalinowych, jak również poszukuje się i dokonuje analizy ścieżek pozyskiwania amoniaku z uwzględnieniem kryteriów środowiskowych, energetycznych, egzergetycznych i ekonomicznych. Jedną z zaproponowanych nowatorskich ścieżek pozyskiwania amoniaku jest układ integrujący tradycyjną linię produkcji zielonego amoniaku z układem CHP (rys. 1). Zaproponowany układ umożliwia dużo wyższe wykorzystanie energii OZE oraz zwiększenie elastyczności pracy. W pracy przedstawiono analizę techniczno-ekonomiczną zaproponowanego rozwiązania.



Rys. 1. Schemat produkcji zielonego amoniaku w skojarzeniu z układem CHP

Chłodzenie powietrza w strefie zewnętrznej przebywania człowieka – studium przypadku

Robert Sekret¹, Ewelina Barnat²

¹ Politechnika Częstochowska, Wydział Infrastruktury i Środowiska, ul. J.H. Dąbrowskiego 69, 42-201 Częstochowa

² Politechnika Rzeszowska, Wydział Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury, ul. Poznańska 2, 35-084 Rzeszów

e-mail: robert.sekret@pcz.pl; d313@stud.prz.edu.pl

Słowa kluczowe: chłodzenie stref zewnętrznych, komfort cieplny, instalacja fotowoltaiczna, chłodzenie wyparne

W ciągu ostatnich dziesięcioleci ewoluowały wymagania dotyczące komfortu cieplnego oraz jakości powietrza w pomieszczeniach. Jednak obecne obserwacje środowiska zewnętrznego oraz życia codziennego ludzi wraz z ich przyzwyczajeniami są podstawą do rozważań na temat komfortu cieplnego nie tylko w pomieszczeniach, ale również w strefach zewnętrznych. Badania możliwości poprawy komfortu cieplnego w zewnętrznych strefach miejskich przebywania człowieka podczas upalnych dni zaczynają być postrzegane nie jako fanaberia, ale jako istotny element poprawy jakości życia. Aktualny stan wiedzy nie definiuje zakresu parametrów powietrza komfortowych dla człowieka w strefach zewnętrznych. W dostępnej literaturze brak jest także rozwiązań technicznych z zakresu chłodzenia powietrza, które byłyby przeznaczone dla stref zewnętrznych. Można jednak przyjąć, że systemy te mogą się charakteryzować znaczącym zapotrzebowaniem na nośniki energii pierwotnej. Perspektywę ograniczenia zużycia nośników nieodnawialnej energii pierwotnej i tym samym minimalizacji kosztów wytwarzania chłodu może stanowić zastosowanie odnawialnych źródeł energii, np. w postaci energii promieniowania słonecznego.

W związku z tym podjęto się badań dotyczących uzyskania komfortu cieplnego dla wybranego obiektu, którym był peron dworca autobusowego. Przeprowadzono analizę parametrów powietrza w okresie letnim i wyznaczono zakres komfortu cieplnego. Moc chłodnicza została obliczona na podstawie parametrów powietrza zewnętrznego oraz zysków ciepła występujących w obiekcie badawczym. Następnie zaproponowano 12 wariantów systemów technicznych różniących się: urządzeniami do wytwarzania chłodu, rodzajem nośników energii pierwotnej, nośnikami i odbiornikami chłodu. Wśród wariantów wyróżniono 3 główne grupy instalacji ze względu na zastosowane urządzenie do produkcji chłodu: agregat sprężarkowy, agregat adsorpcyjny oraz urządzenia wykorzystujące chłodzenie wyparne. Szukając efektu synergii pomiędzy zapotrzebowaniem na chłód a oddziaływaniem energii promieniowania słonecznego, oceniono uzyski energii elektrycznej z istniejącej w obiekcie badawczym instalacji fotowoltaicznej. Dla każdego z zaproponowanych wariantów przeprowadzono analizę energetyczną, ekonomiczną i środowiskową.

Najkorzystniejszymi spośród zaproponowanych wariantów chłodzenia okazały się systemy, w których przewidziano zastosowanie systemów chłodzenia wyparnego współpracujących z instalacją fotowoltaiczną. Wykorzystana instalacja fotowoltaiczna była w stanie pokryć 81% zapotrzebowania na chłód. Rozwój technologiczny ogniw fotowoltaicznych, a tym samym wzrost ich sprawności pozwolą w przyszłości na zwiększenie udziału energii promieniowania słonecznego w procesie chłodzenia strefy zewnętrznej. Znaczący wpływ na maksymalne obciążenie chłodnicze, które jest podstawą doboru instalacji chłodzenia, wywierały dodatkowe źródła zysków ciepła. Stanowiły one 65% zapotrzebowania na chłód i wynikały ze specyfiki użytkowania strefy zewnętrznej.

Wodorowa instalacja paliwowa z uwzględnieniem aktów prawnych dla miniaturowego silnika turboodrzutowego

Łukasz Semkło

Politechnika Poznańska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, ul. Piotrowo 2, 60-965 Poznań

e-mail: lukasz.semklo@put.poznan.pl

Słowa kluczowe: wodór, przepisy prawa, bezpieczeństwo

W pracy przedstawiono projekt koncepcyjny wodorowej instalacji paliwowej dla miniaturowego silnika turboodrzutowego oraz przykładowe koszty, jakie należy ponieść podczas jej budowy. Koncepcja instalacji ma odniesienie do silników statków powietrznych. Lotnictwo od samego początku było dziedziną odkrywczą, często zdumiewającą i ustalającą nowe granice dla człowieka. Obecnie przemysł lotniczy doświadcza nieco trudniejszych, ale przez to przełomowych chwil. Wzrastająca liczba pasażerów oraz ograniczenia związane z szeroko pojętą ekologią sprawiają, że inżynierowie muszą dopracowywać każdy aspekt przelotu. Jednak w ostatnim czasie szczególną popularność zyskuje rozwiązanie wodorowe, które może się okazać dla lotnictwa zjawiskiem przełomowym. Może ono znacznie zmniejszyć szkodliwy wpływ na środowisko lub nawet po części go zlikwidować.

Wodór pomimo swoich obiecujących właściwości dopiero od niedawna jest odkrywany na nowo jako źródło napędu w transporcie. Prawdopodobnie do przyhamowania rozwoju tej technologii przyczyniły się wypadki związane z tym wybuchowym gazem. Najbardziej znane zdarzenie, które do dziś kojarzone jest z wykorzystaniem wodoru w procesie przemieszczania się, to katastrofa niemieckiego Hindenburga. Jednak renesans wodoru jest obecnie dostrzegalny w przemyśle samochodowym, czego przykładem może być Toyota Mirai, a nawet w kosmosie – w programach Gemini 5 oraz Apollo. Obecny pionierem w obszarze wykorzystania tego gazu w transporcie jest firma Airbus, która zaprezentowała koncepcję samolotu spalającego wodór. Napęd mają w nim zapewniać dwa hybrydowe silniki turboodrzutowe. Prace nad tym projektem wciąż trwają, a przewidywane przez producenta wprowadzenie takiego statku powietrznego ma nastąpić w 2035 roku.

Praca miała na celu wykonanie projektu wodorowej instalacji paliwowej w formie koncepcji dla użytkownika z uwzględnieniem przepisów prawnych. Podjęte zagadnienie zbadano w odniesieniu do istniejących norm oraz certyfikacji dotyczących instalacji wodorowych. Praca zawiera opis wodoru jako paliwa i następstwa związane z takim jego wykorzystaniem, a także projekt instalacji wraz z zaleceniami dotyczącymi konstrukcji, użytych materiałów i innych znaczących aspektów.

Badania eksperymentalne oksydacyjnego upłynniania odpadowych tworzyw sztucznych

Szymon Sobek, Marcin Sajdak, Roksana Muzyka, Hamza Mumtaz, Sebastian Werle

Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, ul. S. Konarskiego 18, 44-100 Gliwice

e-mail: szymon.sobek@polsl.pl

Słowa kluczowe: upłynnianie hydrotermalne, oksydacja, odpady z plastiku, odpady po COVID-19

Polimery syntetyczne są bardzo użytecznymi i wygodnymi materiałami o wielu pozytywnych właściwościach, obciążonymi jednak szkodliwym wpływem na środowisko naturalne. Tworzywa sztuczne to niedrogie, lekkie i trwałe materiały, które można łatwo formować w różnorodne użyteczne produkty i które stały się niezbędne we współczesnym życiu i w światowej gospodarce, jednak w ostatnich latach na całym świecie obserwuje się gwałtowny wzrost ich zużycia. Krytycznym punktem strategii gospodarowania odpadami jest doraźne zmniejszenie ilości tych odpadów, przy jednoczesnym opracowaniu stabilnej strategii przekształcania odpadów z tworzyw sztucznych w przyszłości. Termiczne metody konwersji odpadów plastikowych w kontekście nadchodzących postanowień klimatycznych wydają się nieefektywne ze względu na generowanie szkodliwych emisji mikropylek, toksyn oraz gazów cieplarnianych, zatem istnieje potrzeba opracowania nowych metod ich utylizacji.

W ramach pracy zaprezentowano badania dotyczące upłynniania odpadowych tworzyw sztucznych jako alternatywnej metody ich utylizacji, mającej na celu odzysk materiałów, tj. włókien szklanych i węglowych, oraz produkcję substancji organicznych użytecznych dla przemysłu chemicznego. Dla procesów upłynniania w środowisku wodnym kluczowe znaczenie mają temperatura i ciśnienie w zakresach 200–300°C, 150–200 bar oraz dodatek wysoko reaktywnego utleniacza. Dodatkowy utleniacz umożliwia przetwarzanie tworzyw sztucznych m.in. do lotnych kwasów tłuszczowych, co poszerza gamę dostępnych produktów konwersji plastiku.

W pracy przedstawiono wyniki eksperymentalne oksydacyjnego upłynniania odpadowych tworzyw sztucznych, w tym: odpadów z łopat turbin wiatrowych czy odpadów plastikowych ze środków ochrony osobistej po pandemii COVID-19. Badania zostały przeprowadzone w skali laboratoryjnej na reaktorze Parr 4650, wraz z analizą składu produktów ciekłych przy wykorzystaniu techniki chromatografii gazowej z detekcją płomieniowo-jonizacyjną (GC-FID).

Podziękowania

Referat został przygotowany w ramach projektu OPUS „Oksydacyjne upłynnianie odpadowych tworzyw sztucznych. Badania eksperymentalne wraz z wielowymiarową analizą danych z wykorzystaniem metod chemometrycznych” finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki (NCN), numer rejestracyjny projektu: 2021/41/B/ST8/01770.

LCT wspierane przez PIV i DII jako nowoczesne i unikatowe narzędzie do badań i diagnostyki naukowo-technicznej i biomedycznej

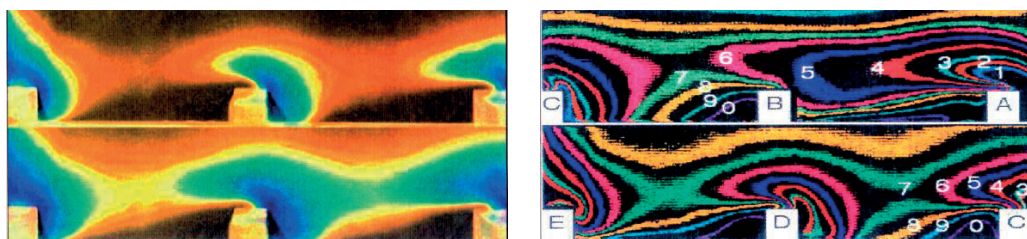
Jan Stąsiek

Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

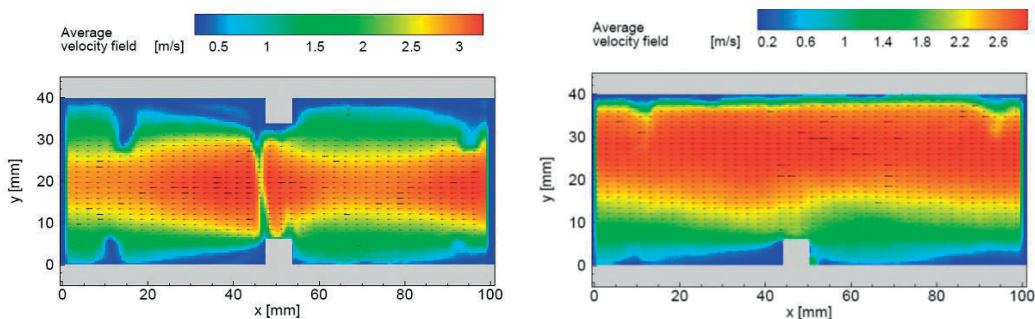
e-mail: jstasiek@pg.edu.pl

Słowa kluczowe: termografia ciekłokrystaliczna, anemometria obrazowa, cyfrowa obróbka obrazów

Początek XXI wieku to lata intensywnych prac badawczo-rozwojowych w zakresie mikro- i nanotechnologii, wysokoefektywnej technologii konwersji energii oraz metod ograniczania jej wpływu na degradację środowiska. Konstruktorzy urządzeń cieplnych oczekują np. bardziej szczegółowych informacji o lokalnych wartościach współczynnika przenikania ciepła, bez ograniczania się do jego wartości uśrednionych. Oczekiwania te spełnia zautomatyzowana i w pełni skomputeryzowana termografia ciekłokrystaliczna (ang. *liquid crystal thermography*, LCT) oparta na właściwościach fizykochemicznych, m.in. estrów cholesterolu (o strukturze spiralnej), oraz cyfrowej obróbce kolorowych obrazów (ang. *digital infrared imaging*, DII) (rys. 1). Metoda ta pozwala badać nie tylko złożone geometrie czy wpływ niejednorodnych warunków brzegowych, ale także przepływy pulsacyjne i turbulentyne o dużej skali i niskich częstotliwościach. Techniki te mogą być uzupełnione anemometrią obrazową (ang. *particle image velocimetry*, PIV) (rys. 2). Teoretycznie LCT umożliwia wizualizację dwuwymiarowych pól temperatury i prędkości z dokładnością do jednego piksela oraz identyfikację wpływu wielu czynników termofizycznych i przepływowych na powstawanie laminarnej i turbulentynej warstwy granicznej. Celem pracy jest przedstawienie historii stosowania tych technik na przykładach zaczerpniętych z literatury oraz badań własnych.



Rys. 1. Kolorowy obraz powierzchni pokrytej warstwą ciekłokrystaliczną w kanale z kolumną pionowych żeber oraz rozkład izolinii o stałej wartości liczby Nusselta (Nu) otrzymanych na bazie komputerowej analizy kolorowych obrazów



Rys. 2. Pomiary PIV dla kanału żebranego

Numerical and experimental study on domestic-scale freeze-dryer for foods equipped with natural refrigeration and microwave heating systems

Michał Stebel¹, Jakub Chrobak¹, Bartłomiej Melka¹, Edyta Piechnik¹, Michał Palacz¹, Michał Haida¹, Dariusz Wójcik¹, Maciej Surma¹, Jakub Bodys¹, Ignat Tolstorebrov², Andrzej J. Nowak¹, Jacek Smolka¹

¹ Silesian University of Technology, Akademicka 2A, 44-100 Gliwice

² Norwegian University of Science and Technology, Postboks 8900, Trondheim, Norway

e-mail: jacek.smolka@polsl.pl

Keywords: lyophilisation, freeze-drying, natural refrigeration, microwave heating, food storage

Long-term natural preservation, transport and storage of foods is always a challenge in terms of product type, energy consumption and impact on the environment. One of the most promising technologies that fulfils these requirements is freeze-drying which can be even applied for standard households. The proposed study deals with the all-in-one device in which both natural refrigeration and effective heating systems are fully integrated. This integration allows for a compact, cost-effective and scalable solution. On the other hand, such a solution requires a lot of attention when designing efficient components such as microwave heating system or novel refrigeration system configuration. Such an approach guarantees the reduction of the freezing time and improves the uniformity of heating of the food products.

For this reason, a coupled and experimentally validated 3-D CFD model was developed to study both freezing and heating process in the integrated freeze-dryer. In the freezing process, the model took into consideration: (1) evaporator/crystalliser located inside or outside the processing chamber, (2) air circulation using fans and shelf baffles and (3) food product freezing at typical loads and operating conditions. In addition, natural refrigeration system with internal fin-and-tube and external microchannel heat exchangers have been designed and extensively tested. In the heating process, a microwave system arrangement with magnetrons and stirrers was proposed based on the numerical simulations of the electromagnetic field propagation and the uniformity of heat generation was assessed locally considering hot- and cold-spots and globally with the power uniformity index.

The design of the proposed freezing system resulted in a freezing time reduction of 50%. Moreover, the processing chamber design ensured a more homogeneous air distribution, resulting in a reduction of discrepancies in freezing time for samples placed on different stationary shelves. It is worth noting that the estimated freezing time was reduced 5 times for a product placed inside the optimised chamber when compared with the reference device. In the heating system, various combinations of microwave magnetrons and stirrers were considered to improve the uniformity of the electromagnetic field during the drying phase of the whole process. The final configuration resulted in a uniformity increase of 34% assessed with a power uniformity index with respect to the reference solution without a stirrer. It is also worth mentioning that locally the improvement reached 85% considering the local hot-spot to cold-spot ratio within the food product.

The proposed approach clearly showed that the standard devices can be improved in many aspects. As a consequence, the natural refrigeration system with an internal evaporator/crystalliser and the airflow inside the device has been improved, resulting in a more sustainable process. In addition, the surface shelf heating was replaced with volumetric food heating on stationary shelves using a microwave system.

Acknowledgement

Financial assistance was supported by the Norway Grants by grant no. NOR/POLNOR/FrostWave/0029/2019-00 funded by The National Centre for Research and Development, and is acknowledged here.

Wpływ parametrów ściany z barierą termiczną na sprawność bariery

Władysław Szaflik

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska,
al. Piastów 50a, 70-311 Szczecin

e-mail: szaflik1952@gmail.com

Słowa kluczowe: bariera termiczna, przepływ ciepła przez przegrodę z barierą termiczną, straty ciepła, sprawność bariery termicznej

W literaturze technicznej coraz częściej porusza się problem ograniczenia zużycia energii pierwotnej. Stosunkowo duże ilości energii przeznaczane są do ogrzewania pomieszczeń. W przypadku zasobów znacznie tańszej energii odpadowej lub pochodzącej ze źródeł odnawialnych o temperaturze niższej niż wymagana w pomieszczeniach można w celu ograniczenia strat ciepła przez przenikanie wykorzystać tzw. barierę termiczną umieszczoną w ścianach zewnętrznych. Barierę termiczną stanowi pionowy element ściany z zamontowanymi w przegrodzie przewodami z czynnikiem grzejnym o temperaturze niższej od temperatury w pomieszczeniu, lecz wyższej niż wynikająca z przenikania ciepła przez przegrodę bez bariery. W pracy, na podstawie opracowanego modelu przegrody z barierą termiczną, dla przyjętych wielkości wejściowych i otoczenia przegrody, zdefiniowano i określono sprawność bariery termicznej. Wyprowadzono wzór na jej sprawność, która nie zależy od temperatur podstawy bariery i otoczenia ściany a tylko od parametrów geometrycznych i termodynamicznych przegrody. Wykazano też, że sprawność bariery termicznej jest najwyższa, gdy oporność przegrody z obu stron bariery jest taka sama. Znajomość sprawności bariery umożliwi proste określenie średniej temperatury bariery i ilości ciepła oddawanego przez pomieszczenie oraz przez czynnik grzejny płynący w barierze. Należy stwierdzić, że całkowita ilość ciepła oddana przez ścianę z barierą termiczną jest większa ilość oddana niż przez ścianę bez bariery, lecz koszty ogrzewania pomieszczenia mogą być niższe.

Zastosowanie odwróconego obiegu Braytona do wykorzystania kriogenicznej egzergii skroplonego gazu ziemnego LNG

Ireneusz Szczygieł, Zbigniew Buliński, Bartłomiej Rutczyk

Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, ul. S. Konarskiego 22, 44-100 Gliwice

e-mail: ireneusz.szczygieł@polsl.pl

Słowa kluczowe: obieg Braytona, turbina gazowa, skroplony gaz ziemny

Skroplony gaz ziemny (LNG) jest transportowany statkami morskimi w stosunkowo niskim ciśnieniu (0,13–0,14 MPa) i bardzo niskiej temperaturze (ok. 100 K) w kriogenicznych kontenerach. Przed dalszą utylizacją jest sprężany, a następnie regazyfikowany, po czym może być kierowany do gazociągów wysokiego ciśnienia. Wspomniane operacje najczęściej odbywają się w lądowych terminalach LNG lub w lokalnych stacjach dystrybucyjnych. Transport LNG do lokalnych odbiorców odbywa się kriogenicznymi cysternami samochodowymi. Oczywiście ilości gazu regazyfikowanego w terminalu lądowym i w stacjach lokalnych nie są porównywalne.

Faza ciekła i niska temperatura wiążą się z wysoką egzergią LNG, która jest doprowadzana w procesie skraplania gazu ziemnego. Podczas odparowywania LNG w regazyfikatorach atmosferycznych (co ma miejsce w wielu terminalach lądowych, jak również w lokalnych stacjach regazyfikacji) egzergia kriogeniczna jest całkowicie tracona. Co więcej, w wielu przypadkach regazyfikatory atmosferyczne są wspomagane termicznie spalaniem gazu, co dodatkowo zwiększa koszt odparowania. Jednak istnieje również wiele instalacji przeznaczonych do odzyskiwania egzergii podczas regazyfikacji LNG. Są one wykorzystywane głównie do produkcji energii elektrycznej, ale nierzadkie są przykłady wykorzystania egzergii kriogenicznej LNG do innych zadań, np. w procesach liofilizacji owoców.

W pracy zaproponowano instalacje oparte na turbinie gazowej o cyklu Braytona, ze szczególnym uwzględnieniem odwróconego obiegu Braytona (ang. *reversed Brayton cycle*). Przedstawiono analizy termodynamiczne regazyfikatora LNG wspomagającego obieg turbiny gazowej w różnych konfiguracjach. Omówiono kilka schematów. Zaprezentowano wieloparametrową analizę każdego zaproponowanego rozwiązania. Scharakteryzono wpływ podstawowych parametrów pracy na efektywność energetyczną układów.

Modelowanie układu zbiornika i wtryskiwacza wrzącego podtlenu azotu jako elementów silnika raketowego

Jakub Szymborski, Dariusz Kardaś

Instytut Maszyn Przepływowych Polskiej Akademii Nauk, ul. gen. J. Fiszer 14, 80-231 Gdańsk

e-mail: jsymborski@imp.gda.pl

Słowa kluczowe: podtlenek azotu, przepływ dwufazowy, modelowanie, silnik raketowy

Podtlenek azotu (N_2O) jest wykorzystywany jako utleniacz w silnikach raketowych, zarówno na ciekły materiał pędny, jak i hybrydowych, z paliwem w fazie stałej oraz ciekłym utleniaczem. Jedną z kluczowych zalet podtlenu azotu jest wysokie ciśnienie par w temperaturze otoczenia, rzędu 50 bar przy 20°C. Daje to możliwość użycia go jako czynnika samociśnieniującego, tworzącego wysokociśnieniowy system zasilania w utleniacz, bez zastosowania dodatkowego czynnika ciśnieniującego czy sprężarki. Jednocześnie modelowanie czynnika samociśnieniującego stanowi wyzwanie ze względu na jednoczesną obecność faz ciekłej i gazowej, przejścia fazowe oraz związaną z nimi intensywną wymianę ciepła. W modelowaniu układu dostarczającego podtlenek azotu do komory spalania silnika raketowego można wyróżnić dwa kluczowe aspekty: modelowanie samego opróżnianego zbiornika, w którym prędkość przepływu jest niewielka i występuje wyraźny rozdział między fazami, oraz modelowanie przepływu przez linię zasilającą i wtryskiwacz, gdzie prędkość przepływu jest znacząca, a obie fazy są wymieszane. Pierwszy z tych aspektów był tematem rozważań wcześniejszych prac autorów. W niniejszej pracy skupiono się na połączeniu modelu zbiornika z modelem wtryskiwacza uwzględniającym obecność faz ciekłej i gazowej oraz ściśliwości czynnika w celu uzyskania pełnego, numerycznego opisu układu przepływowego. W obliczeniach przepływu podtlenu azotu pomiędzy zbiornikiem i komorą spalania zastosowano opis oparty na jednowymiarowych i niestacjonarnych równaniach bilansu masy mieszaniny i pary, równaniu pędu mieszaniny oraz równaniu energii mieszaniny. Model pozwala również na obliczenia przepływu jedynie fazy ciekłej, co zachodzi w początkowej fazie pracy silnika raketowego, oraz obliczenia pary, w końcowej fazie opróżniania zbiornika. W badaniach zastosowano schemat numeryczny częściowo niejawnny, co skutkuje dobrą stabilnością numeryczną programu, oraz zaimplementowano własności N_2O w szerokim zakresie parametrów termodynamicznych. W rezultacie stworzono nowatorski zestaw dwóch modeli numerycznych, umożliwiający badanie i optymalizowanie jedno- i dwufazowego przepływu podtlenu azotu wewnątrz układu zasilania silnika raketowego. Uzyskano wyniki, które pokazują zmianę parametrów termodynamicznych N_2O w zbiorniku oraz w linii zasilającej. Przepływ w linii zasilającej charakteryzuje się dużą zmiennością stopnia suchości, co przekłada się na duże zmiany prędkości dźwięku, dlatego program zawiera algorytm doboru kroku czasowego dostosowanego do prędkości dźwięku. Przeprowadzone testy obliczeniowe wykazały stabilność numeryczną zastosowanych schematów numerycznych oraz jakościową zgodność wyników obliczeń z wynikami eksperymentów.

Układ do odzyskiwania, magazynowania i wykorzystania ciepła odpadowego z wybijanej masy formierskiej

Marcin Trojan, Piotr Dzierwa, Jan Taler, Dawid Taler, Karol Kaczmarek, Mariusz Granda

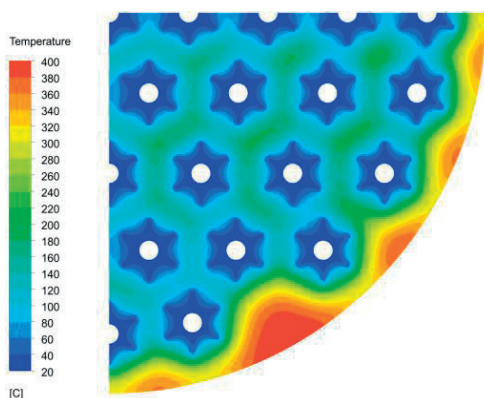
Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

e-mail: marcin.trojan@pk.edu.pl

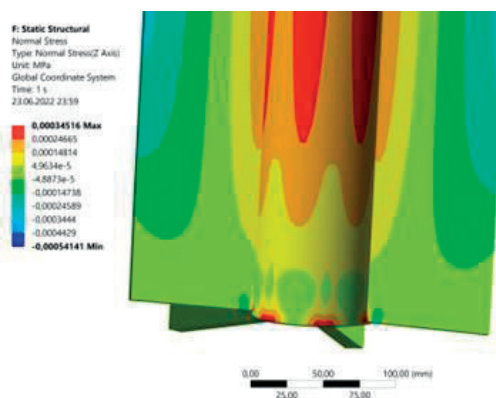
Słowa kluczowe: odzysk ciepła odpadowego z wybitego piasku formierskiego, oszczędność energii, modelowanie CFD, magazynowanie energii cieplnej

Przedmiotem pracy są badania dotyczące opracowania kompletnego systemu do odzysku, magazynowania i wykorzystania energii cieplnej z wybitej masy formierskiej. Odprowadzenie ciepła z piasku formierskiego jest istotne ze względu na właściwe sterowanie procesem urządzenia MF oraz możliwość wykorzystania ciepła z jego chłodzenia. Powolne stygnięcie wybijanego piasku uniemożliwia jego szybkie wykorzystanie w stacji regeneracji i powrót do procesu odlewniczego. Odzyskane ciepło może być wykorzystane do innych energochłonnych procesów w odlewni.

Obecnie nieznaną są metody odzyskiwania ciepła z wybitej masy formierskiej i jego dalszego wykorzystania. W ramach przeprowadzonych prac opracowano koncepcję systemu odzysku ciepła pozwalającego na wykorzystanie ciepła zawartego w masie formierskiej o temperaturze w zakresie 200–400°C, wybijanej z dużych form. Do chłodzenia masy formierskiej wykorzystano wodę o zmiennej temperaturze na wlocie. Założono, że masa formierska będzie chłodzona w pionowym zbiorniku, w którym umieszczono rury żebrowane. W pierwszej kolejności przeprowadzono symulacje komputerowe pracy wymiennika. Zamodelowano kilka wariantów liczby i rozmieszczenia rur żebrowanych wewnątrz wymiennika ciepła, co pozwoliło na wybór optymalnej konstrukcji wymiennika. Wyniki symulacji CFD w programie ANSYS-CFX dla wybranego układu chłodniczego przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Rozkład temperatury w przekroju poprzecznym wymiennika ciepła



Rys. 2. Rozkład naprężeń obwodowych po 6 godzinach chłodzenia

Dla zaproponowanej konstrukcji ożebrowanego wymiennika przeprowadzono dodatkowe analizy cieplno-wytrzymałościowe z wykorzystaniem metody elementów skończonych (rys. 2). Największe naprężenia panują na początku procesu chłodzenia, kiedy występują największe różnice temperatur. Z czasem gradienty temperatury maleją, co powoduje zmniejszenie naprężeń termicznych do wartości w zasadzie pomijalnych.

Badania eksperymentalne i analiza statystyczna minikanalowych wymienników ciepła z przepływami o małej liczbie Reynoldsa

Maria Tychanicz-Kwiecień¹, Witold Rybiński²

¹ Politechnika Rzeszowska, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów

² Instytut Maszyn Przepływowych Polskiej Akademii Nauk, ul. gen. J. Fiszer 14, 80-231 Gdańsk

e-mail: mtychanicz@prz.edu.pl; witold.rybinski@imp.gda.pl

Słowa kluczowe: minikanalowy wymiennik ciepła, badania eksperymentalne, analiza statystyczna, przepływy o małej liczbie Reynoldsa, metoda Wilsona

Praca prezentuje wstępne wyniki badań eksperymentalnych oraz zastosowania nowej metody analizy statystycznej minikanalowych wymienników ciepła z przepływami o małych liczbach Reynoldsa. Badano dwa wymienniki, składające się z równoległych kanałów o przekrojach 1×1 mm i 2×2 mm, wyfrezowanych po obu stronach pojedynczej aluminiowej płyty. Pomiary przeprowadzono dla jednofazowych przepływów wody destylowanej w przeciwnym kierunku. Pomiary charakteryzowały się 7- i 12-krotną zmiennością natężeń przepływów, odpowiadającą całkowitemu zakresowi $Re = 117-2500$ dla obu wymienników.

Małe prędkości przepływów i budowa wymiennika powodują kilka dodatkowych zjawisk wpływających na wymianę ciepła, oprócz wymiany ciepła w minikanalach. W pracy analizowano dwa spośród nich: wymianę ciepła z otoczeniem oraz wymianę ciepła w kolektorach.

Wymiana ciepła z otoczeniem może być istotna przy powolnych przepływach, ale wykazano jej niewielki wpływ na bilans cieplny w badanych wymiennikach z powodu zastosowania dobrej izolacji cieplnej.

W analizowanych wymiennikach kolektory stanowią znaczącą część całkowitej powierzchni wymiany ciepła (około 1/3). Wymagało to opracowania nowej statystycznej metody analizy pomiarów cieplnych, uwzględniającej wymianę ciepła w kolektorach. Zalicza się ją zwyczajowo do rodziny metod Wilsona, nazwanych od twórcy pierwszej z nich.

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów opracowano nową metodę statystyczną i wyznaczono wstępne charakterystyki cieplno-przepływowe badanych wymienników. Otrzymano lepsze wyniki niż przy uwzględnieniu wymiany ciepła tylko w minikanalach.

Analiza eksperymentalna intensyfikacji transportu ciepła w płaszczowo-rurowym wymienniku ciepła z techniką strugową

Jan Wajs, Paulina Boroń, Krzysztof Abucewicz

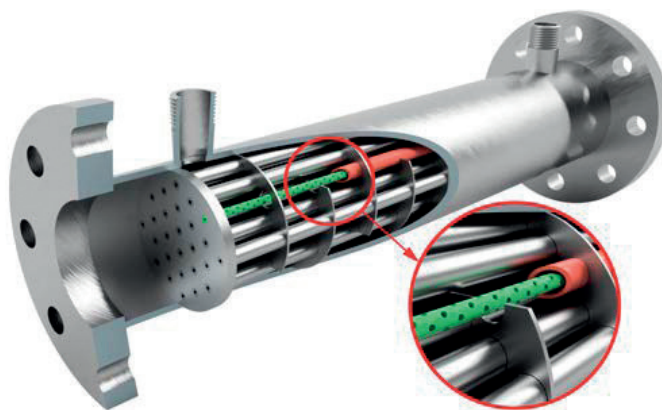
Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

e-mail: jan.wajs@pg.edu.pl; paulinaboron@live.com; krzysztof.abucewicz@pg.edu.pl

Słowa kluczowe: wymienniki ciepła, technika strugowa, intensyfikacja wymiany ciepła

Liczne technologie stosowane w przemyśle lub energetyce wymagają realizacji procesów nagrzewania/chłodzenia z wykorzystaniem przepływających wymienników ciepła, zwanych rekuperatorami. Powszechnie wiadomo, że transport ciepła jest w nich utrudniony, gdy występuje tu tylko mechanizm konwekcji jednofazowej z udziałem gazów, dla których odnotowuje się niskie wartości współczynników przejmowania ciepła, ograniczające efektywność rekuperacji. Problem ten jest szczególnie dostrzegalny w warunkach małej różnicy temperatur pomiędzy czynnikami grzewczym i ogrzewanym, jak również przy niskich prędkościach przepływu gazów. Inicjowane są więc liczne badania nad intensyfikacją wymiany ciepła w rekuperatorach, ukierunkowane głównie na techniki pasywne.

Przedmiotem badań jest autorski, płaszczowo-rurowy wymiennik ciepła z techniką strugową dla intensyfikacji transportu ciepła, zbudowany na podstawie patentu. Generatorami strug są w nim perforowane wkłady rurowe (szczegół na rys. 1) z otworami o średnicy 1,3 mm, umieszczone w rurach pęku. W celu poprawy kompaktowości wymiennika wkłady wykonano w technologii minikanalowej. Przeprowadzono badania eksperymentalne, w których czynnikiem grzewczym był gaz (powietrze), a ogrzewanym – ciecz (woda). Stanowiły one kontynuację badań raportowanych w publikacji, rozszerzono jednak zakres parametrów termiczno-przepływowych – temperatura powietrza wzrosła z 130°C do 200°C, a strumień masowy wody z 25 g/s do 35 g/s. Wyniki pomiarów stanowiły dane wejściowe do matematycznego modelowania współczynników przejmowania ciepła i liczb Nusselta, które posłużyły do weryfikacji wybranych z literatury korelacji dotyczących wymienników ciepła z techniką strugową.



Rys. 1. Widok płaszczowo-rurowego wymiennika ciepła z techniką strugową

Układ chłodniczy małej mocy z dwutlenkiem węgla dla zastosowań okrętowych

Jan Wajs¹, Michał Mrózek¹, Emilia Węglewska², Tomasz Laszkowski², Piotr Jasiukiewicz¹, Kacper Strzygocki²

¹ Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

² Climarem Sp. z o.o., ul. Hutnicza 4, 81-061 Gdynia

e-mail: jan.wajs@pg.edu.pl; michal.mrozek@pg.edu.pl; piotr.jasiukiewicz@pg.edu.pl; emilia.weglewska@climarem.pl; tomasz.laszkowski@climarem.pl; kacper.strzygocki@climarem.pl

Słowa kluczowe: chłodnictwo morskie, dwutlenek węgla, badania eksperymentalne prototypu

Z powodów środowiskowych w Europie wzrasta nacisk na wycofywanie dotychczas stosowanych czynników chłodniczych o wysokim potencjale tworzenia efektu cieplarnianego. W regulacjach Unii Europejskiej dla lądowych urządzeń chłodniczych zapisano już obowiązek aplikacji czynników roboczych ze wskaźnikiem GWP (*global warming potential*) ograniczonym do wartości 150, co ukierunkowuje rozwój w obszarach grzewczym i chłodniczo-klimatyzacyjnym. Coraz częściej eksploatowane są czynniki naturalne lub zaklasyfikowane do grupy HFO (hydrofluoroolefin). Obostrzenia obejmujące popularne F-gazy o wysokim wskaźniku GWP znacząco wpływają na wzrost ich cen rynkowych, przez co w branżach statkowych również trwa poszukiwanie alternatywnych rozwiązań w zakresie technologii chłodniczych. Dodatkowo od instalacji znajdujących się na statkach wymaga się stosowania możliwie prostych, a przez to bezawaryjnych rozwiązań oraz dąży się do użytkowania czynników bezpiecznych, tj. klasyfikowanych w grupie bezpieczeństwa A1 (według ASHRAE).

W referacie zaprezentowano wyniki prac badawczo-rozwojowych skoncentrowanych na opracowaniu agregatu chłodniczego przeznaczonego do zastosowań okrętowych z dwutlenkiem węgla (R744) w roli czynnika roboczego. Agregat zaprojektowano i zbudowano na bazie układu dwustopniowego sprężania typu *booster*. Funkcjonowanie układu, szczególnie w warunkach dużego zróżnicowania obciążenia chłodniczego komór chłodni prowiantowej i mroźni, ułatwia natomiast innowacja zastosowana w obiegu termodynamicznym.

Poza charakterystyką opracowanego agregatu chłodniczego w pracy przedstawiono stanowisko badawcze, jak również omówiono doświadczenia z rozruchu prototypowego urządzenia i jego wstępnych badań eksperymentalnych.

Podziękowania

Przedstawione prace wykonano w ramach projektu POIR.01.02.00-00-0009/18 (INNOship) pt. „Opracowanie innowacyjnego, ekologicznego urządzenia chłodniczego do zastosowań statkowych i okrętowych”.

Redukcja emisji kotła biomasowego przy zastosowaniu filtrów ceramicznych

Michał Wantuła¹, Dariusz Kardaś²

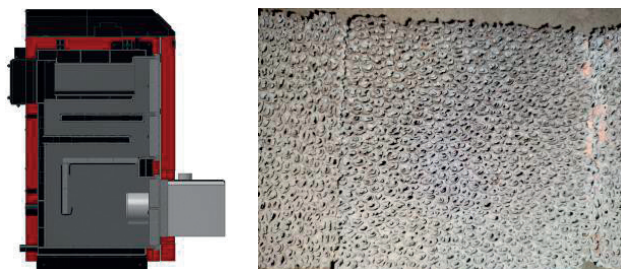
¹ Trójmiejska Szkoła Doktorska PAN, ul. gen. J. Fiszera 14, 80-231 Gdańsk

² Instytut Maszyn Przepływowych PAN, ul. gen. J. Fiszera 14, 80-231 Gdańsk

e-mail: wantula.michal@gmail.com; dk@imp.gda.pl

Słowa kluczowe: pelet, biomasa, spalanie, redukcja pyłów, filtry ceramiczne

Nieustannie pojawiające się nowe wymagania i przepisy prawne stawiane producentom kotłów centralnego ogrzewania wymuszają tworzenie nowych „ekologicznych” konstrukcji. W niniejszej pracy przedstawiono wpływ filtrów ceramicznych wykorzystywanych w odlewnictwie na emisję pyłów i zawartość CO i NO_x w spalinach kotła centralnego ogrzewania. Inspiracją do przeprowadzenia badań były próby, które wykonali Rico i in. w specjalnie przygotowanej do tego celu komorze. Do badań wykorzystano prototypowy kocioł (rys. 1) – Klimosz Frontal, wyposażony w automatyczny palnik, na typowy pelet drzewny. Pomiarów emisji dokonano przy użyciu analizatorów firmy Afriso, wydatek i moc mierzone zaś za pomocą ciepłomierza Kamstrup. W czasie pracy kotła z nominalną mocą wykonano rejestrację parametrów spalania w kilku konfiguracjach położenia filtrów w wymienniku kotła. We wszystkich przypadkach kocioł pracował w zbliżonych warunkach temperaturowych i przepływowych. Po przeprowadzeniu badań porównano ich wyniki.



Rys. 1. Schemat kotła oraz widok filtrów ceramicznych wykorzystanych w badaniach

Pomiary zapylenia i zawartości CO i NO_x w spalinach pokazują, że zastosowanie filtrów znacząco zmniejsza emisję pyłów oraz nieznacznie redukuje udziały obu tlenków. Wybór miejsca położenia filtrów istotnie wpływa na uzyskane wyniki. Badania wykazały, że największe ograniczenie emisji pyłów uzyskano, gdy filtry ceramiczne znajdowały się najbliżej palnika peletowego, gdzie były częściowo obmywane przez płomień. W tym położeniu płytke zanotowano również najniższą temperaturę spalin na wylocie z kotła spośród wszystkich konfiguracji. Zastosowanie filtrów ceramicznych może być jednym z rozwiązań poprawy emisyjności pyłów w kotle. W stosunku do elektrofiltrów bądź cyklonów filtry ceramiczne są rozwiązaniem znacznie tańszym.

Podziękowania

Badania zostały wykonane w ramach VI edycji Programu Ministerstwa Edukacji i Nauki pt. „Doktorat wdrożeniowy” – DWD/6/0429/2022.

Modelowanie komory spalania hybrydowego silnika raketowego

Izabela Wardach-Święcicka, Dariusz Kardaś

Instytut Maszyn Przepływowych Polskiej Akademii Nauk, ul. gen. J. Fiszer 14, 80-231 Gdańsk

e-mail: izabela.wardach@imp.gda.pl; dariusz.kardas@imp.gda.pl

Słowa kluczowe: rakietka hybrydowa, modelowanie matematyczne, utlenianie, parafina, podtlenek azotu

Konwencjonalne paliwa raketowe są płynne lub stałe. Obecnie coraz więcej prac w literaturze lotniczej dotyczy eksperymentalnych i teoretycznych badań nad możliwością poprawy efektywności i obniżenia kosztów lotów raketowych poprzez zastosowanie systemów hybrydowych. Podstawowymi kryteriami zastosowania tego typu napędu raketowego są prostota zaprojektowanego układu i związane z tym niższe koszty oraz bezpieczeństwo eksploatacji całego urządzenia.

Celem pracy jest przedstawienie metody numerycznego modelowania komory spalania hybrydowego silnika raketowego jako prostego narzędzia do zastosowania we wstępnym etapie projektowania, poprawiającego efektywność i jakość procesu spalania paliwa stałego, wpływającego na zachowanie się rakiety w locie.

Ogólnym założeniem modelu jest to, że dla każdego kroku czasowego symulowanego procesu lotu zjawiska zachodzące w komorze spalania traktowane są stacjonarnie. Dla zadanych, zmieniających się w czasie, profili wejściowych prędkości, ciśnienia i temperatury obliczany jest rozkład tych parametrów wzdłuż komory spalania. Dodatkowe uproszczenie dotyczy szczegółowego obliczenia tylko fazy gazowej z określeniem członów źródłowych według funkcji regresji ubytku masy paliwa stałego.

Jednowymiarowy zestaw trzech równań zawiera równania bilansu masy, pędu i energii dla fazy gazowej. Dodatkowo przewiduje się również rozkład i zmianę w czasie związków chemicznych. Analizowany jest model reakcji chemicznej o nieskończonej szybkości z uwzględnieniem globalnej reakcji utleniania parafiny w atmosferze podtlenku azotu. Pod uwagę bierze się konwekcyjną wymianę ciepła, przewodzenie i radiację oraz źródło ciepła wskutek zachodzących reakcji chemicznych.

Przedstawiona analiza numeryczna pokazuje, że przyjęte podejście zmniejsza złożoność, a tym samym skraca czas analizy problemu. Wybrana metoda numerycznego obliczania parametrów pracy komory spalania silnika hybrydowego może być przydatnym narzędziem na wczesnym etapie projektowania rakiety i pozwala uniknąć czasochłonnych, niestabilnych i pełnowymiarowych szczegółowych obliczeń.

Numerical investigation of temporal variation of ground temperature and coefficient of performance of ground source heat pump with a vertical heat exchanger in a condition of ground regeneration by solar thermal collectors

Michał Wasik, Piotr Łapka, Rafał Galiński

Warsaw University of Technology, Faculty of Power and Aeronautical Engineering, Nowowiejska St. 21/25, 00-665 Warszawa

e-mail: michal.wasik@pw.edu.pl; piotr.lapka@pw.edu.pl; rafal.galinski.stud@pw.edu.pl

Keywords: vertical ground heat exchanger, heat pump, solar collectors, ground regeneration, numerical modeling

The paper presents a numerical investigation of temporal variation of ground temperature and coefficient of performance (COP) of ground source heat pump with vertical heat exchanger. The operation of a ground heat pump results in a decrease in local ground temperature. In periods when a heat pump does not operate, especially during the summer, heat inflow to the ground restores local temperature to the undisturbed level. Nevertheless, extensive exploitation or too short heat exchangers may affect energy imbalance and cause a decrease in the ground temperature over the years. The result of lower ground temperature is lower COP and higher cost of heat pump operation. To minimize the unfavorable effect, regeneration of the ground could be performed. The regeneration, i.e., supplying extra heat to the ground, could be realized by solar thermal collectors, which may produce a high amount of heat during summer.

In the paper, a numerical simulation of the four vertical ground heat exchangers (100 m each) connected with the heat pump delivering heat to the house was conducted. The simulations were performed for several years. Case without regeneration and with six solar thermal collectors supplying heat to the ground was analyzed. The in-house models, i.e., ground heat exchanger and solar thermal collector, were used to carry out simulations. COP of the heat pump was calculated by a fitting curve to the data supplied by the manufacturer. COP was a function of ground temperature.

The results showed the impact of the heat pump on the ground energy balance, which resulted in a decrease in ground temperature and SCOP (seasonal COP) over the years. The regeneration occurred to be insufficient, so ground temperature and SCOP also decreased, but the decrease was slighter than in the case without regeneration.

Badanie właściwości biokompozytowych materiałów budowlanych z materiałem zmiennofazowym

Mateusz Wendolowicz, Natalia Mikos-Nuszkiewicz, Łukasz Cieślikiewicz, Piotr Łapka

Politechnika Warszawska, Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa, ul. Nowowiejska 21/25, 00-665 Warszawa

e-mail: mateusz.wendolowicz.dokt@pw.edu.pl; natalia.mikos.dokt@pw.edu.pl; lukasz.cieslikiewicz@pw.edu.pl; piotr.lapka@pw.edu.pl

Słowa kluczowe: beton konopny, materiał zmiennofazowy, biokompozyty, piknometr helowy, pomiar gęstości metodą Archimedesesa

Rosnące zainteresowanie zrównoważonym rozwojem we wszystkich dziedzinach przemysłu skutkuje m.in. poszukiwaniem innowacyjnych materiałów budowlanych, w których standardowy budulec można częściowo zastąpić ekologicznymi odpadami roślinnymi, takimi jak konopie siewne. W niniejszej pracy przedstawiono wyniki eksperymentu, w którym badano właściwości biokompozytowych materiałów budowlanych, zawierających włókna konopne połączone spoiwem magnezowym. Część zbadanych materiałów zawierała również materiał zmiennofazowy (ang. *phase change material*, PCM), który poprzez przemianę fazową ma za zadanie zwiększyć pojemność cieplną elementów budynku (ścian), co zimą może ograniczać straty energii do otoczenia, natomiast latem – zyski ciepła.

W ramach eksperymentu przeprowadzono badania gęstości rzeczywistej na piknometrze helowym, na podstawie których wyliczono następnie wartości porowatości całkowitej. Doświadczenie przeprowadzono dla dziesięciu różnych próbek betonu konopnego, różniących się między sobą gęstością nasypową uzyskaną w trakcie wykonywania próbek kompozytu oraz zawartością materiału zmiennofazowego, spoiwa magnezowego i samych paździerzy konopnych. Następnie wykonano pomiary gęstości geometrycznej oraz – przy wykorzystaniu metody Archimedesesa – gęstości pozornej badanych materiałów, co pozwoliło uzyskać wartości porowatości całkowitej i otwartej. Badania zrealizowano także dla wybranych tradycyjnych materiałów budowlanych, w celu porównania uzyskanych wyników.

Gęstości oraz porowatości są kluczowymi parametrami opisującymi biokompozytowe materiały budowlane, wpływającymi bezpośrednio na ich właściwości mechaniczne, akustyczne i przede wszystkim cieplno-wilgotnościowe, między innymi na współczynnik przewodzenia ciepła, przepuszczalność pary wodnej oraz krzywe sorpcji/desorpcji. Eksperymentalnie wyznaczone wartości gęstości i porowatości materiałów mogą zostać wykorzystane jako dane wejściowe do modeli matematycznych lub do analizy zachowania cieplno-wilgotnościowego kompozytów o różnym składzie. Aktualna literatura nie zawiera opisów badań wymienionych wcześniej parametrów gęstości i porowatości dla biokompozytów zawierających materiał zmiennofazowy oraz wykonanych ze spoiwa magnezowego. Przeprowadzony eksperyment pozwala zatem wypełnić tę lukę w stanie wiedzy.

Analiza eksperymentalna procesu produkcji wodoru z elektrolizy wody wykorzystującej odnawialne źródła energii

Sebastian Werle, Karolina Zaik

Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, ul. S. Konarskiego 22, 44-100 Gliwice

e-mail: sebastian.werle@polsl.pl; karolina.zaik@polsl.pl

Słowa kluczowe: wodór, elektroliza PEM, odnawialne źródła energii

Wodór, jako czysty nośnik energii, ma ogromny potencjał, aby stać się alternatywnym paliwem w przyszłości. Rosnące zapotrzebowanie na produkcję ekologicznego wodoru zwiększyło zainteresowanie elektrolizą wody za pomocą membrany protonowymiennej (PEM), rozkładającej cząsteczki wody na tlen i wodór w procesie bezemisyjnym. Elektroliza PEM jest uznawana za najbardziej pożądaną technologię produkcji wodoru o wysokiej czystości, odpowiadającą na niestabilność energii odnawialnej ze względu na wysoką gęstość prądu, większą wydajność energetyczną, łatwą obsługę i konserwację. Wytworzony wodór i tlen mogą być wykorzystywane bezpośrednio w ogniwach paliwowych czy zastosowaniach przemysłowych. Mimo zwiększonego zainteresowania tą technologią obecnie tylko 4% globalnego wodoru przemysłowego jest wytwarzane przez elektrolizę wody, głównie ze względu na kwestie ekonomiczne. Ponadto niewiele proponowanych systemów koncentruje się na osiągnięciu stabilnej produkcji wodoru przez cały dzień, co jest ważne dla przyszłego jego wykorzystania na dużą skalę. W niniejszym artykule scharakteryzowano system wytwarzania zielonego wodoru za pomocą elektrolizera PEM osadzonego w mikrosieci zasilanej panelem PV, małą turbiną wiatrową oraz zespołem akumulatorów. Skupiono się na osiągnięciu celu całodziennego stabilnej produkcji wodoru, poprawiając efektywność wykorzystania energii odnawialnej. Jednym z głównych celów badania jest opracowanie parametrycznego studium wydajności systemu.

Skonstruowano system multigeneracyjny PV–turbina wiatrowa–akumulator–elektrolizer PEM do produkcji wodoru, aby zbadać proces eksperymentalnie. Systemy multigeneracyjne wykorzystują jedno lub więcej źródeł energii i wytwarzają kilka użytecznych produktów – w tym przypadku efektem może być wodór oraz energia elektryczna. System realizuje funkcje pomiaru, akwizycji i przechowywania danych, a także reprezentacji w czasie rzeczywistym kluczowych zmiennych procesu. Interfejs użytkownika, składający się z wykresów graficznych i wskaźników numerycznych, zapewnia przyjazne dla użytkownika środowisko do sterowania elektrolizerem w czasie rzeczywistym i wizualizacji ewolucji najważniejszych parametrów procesu. Na sterowniku została zainstalowana aplikacja Dataplotter, umożliwiająca wizualizację danych zapisywanych na karcie SD urządzenia. Następnie zamodelowano cały system do produkcji wodoru w celu walidacji wyników. Przeanalizowano efektywność energetyczną systemu w różnych warunkach pracy z akumulatorem i bez niego. Stwierdzono, że uwzględnienie w systemie magazynu energii może poprawić wykorzystanie energii odnawialnej. Zbadano również wpływ warunków pogodowych na produkcję wodoru z elektrolizera.

Podziękowania

Praca została sfinansowana ze środków subwencji badawczej Katedry Techniki Ciepłej Politechniki Śląskiej.

Badania ciepła właściwego materiałów niejednorodnych

Joanna Wilk, Rafał Gatek

Politechnika Rzeszowska, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów

e-mail: joanwilk@prz.edu.pl; rafalgatek@prz.edu.pl

Słowa kluczowe: ciepło właściwe, kompozyty, tlenek grafenu

W obecnych zastosowaniach technicznych coraz większy udział mają materiały charakteryzujące się niejednorodną strukturą. Jednym z rodzajów takich materiałów są kompozyty na bazie kauczuku z wypełnieniem z nanocząstek tlenku grafenu. Materiały te są stosowane m.in. na uszczelnienia łożyskowe. Temperaturę pracy łożyska w znacznym stopniu determinuje bazowy kauczuk materiału kompozytowego. Zastosowany jako wypełnienie tlenek grafenu poprawia właściwości mechaniczne uszczelnienia, ale również przyczynia się do intensyfikacji rozpraszania ciepła. Przeprowadzone badania wybranych materiałów kompozytowych na bazie kauczuku pokazały wzrost współczynnika przewodzenia ciepła oraz dyfuzyjności cieplnej w stosunku do czystego materiału bazowego. Ze względu na niejednorodną budowę termofizycznych materiałów niejednorodnych badania ich właściwości mogą wymagać użycia niekonwencjonalnych metod pomiarowych.

W niniejszej pracy zaprezentowano wyniki pomiarów ciepła właściwego wybranych kompozytów gumowych na bazie HNBR (uwodorniony kopolimer butadienu i akrylonitrylu) oraz FKM (perfluoropochodne etylenu i propylenu) z dodatkiem zredukowanego tlenku grafenu w postaci proszku. Technologia dyspergowania tlenku grafenu do materiału bazowego powoduje nierównomierne rozmieszczenie dodanych cząstek – tworzą się klastry, powstaje materiał heterogeniczny. Prezentowana praca miała na celu zbadanie wpływu niejednorodności próbki na wyniki pomiarów ciepła właściwego wykonanych przy użyciu skaningowego kalorymetru różnicowego. Ze względu na niewielką masę badanych próbek (rzędu 10 mg), wynikającą z ograniczeń zastosowanej aparatury badawczej, istnieje ryzyko wykonania pomiarów niereprezentatywnych w odniesieniu do całości materiału niejednorodnego. Istnieje zatem potrzeba wykonania badań dla większej liczby próbek wyodrębnionych z różnych fragmentów kompozytu gumowego.

Rezultatem przeprowadzonych serii pomiarów było wyznaczenie ciepła właściwego niestandardowych materiałów niejednorodnych – wybranych kompozytów na bazie kauczuku. Otrzymane wyniki określają ograniczenia stosowalności konwencjonalnej metody kalorymetrii skaningowej w badaniach materiałów heterogenicznych oraz stanowią podstawę do dalszych badań właściwości termofizycznych takich materiałów. Planowane badania będą dotyczyły wyznaczenia przewodności cieplnej wybranych kompozytów z zastosowaniem metody pośredniej – konwencjonalnej laserowej techniki impulsowej.

Wstępna analiza pracy elektrociepłowni z obiegiem ORC współpracującym z wymiennikiem ciepła typu Field

Sławomir Wiśniewski, Tomasz Kujawa

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki, al. Piastów 17, 70-310 Szczecin

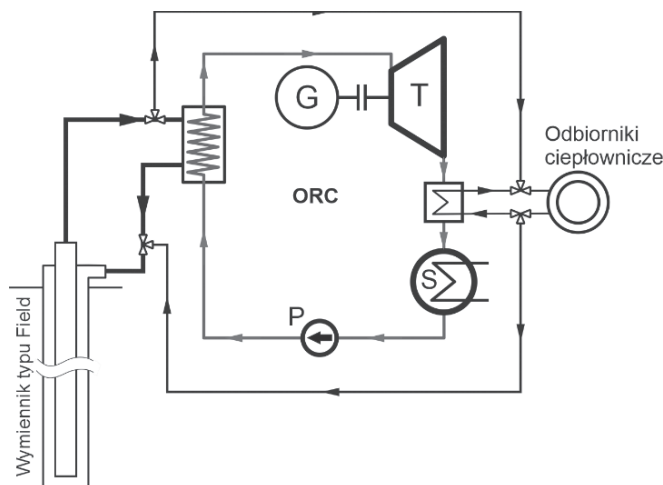
e-mail: slawomir.wisniewski@zut.edu.pl; tomasz.kujawa@zut.edu.pl

Słowa kluczowe: wymiennik ciepła typu Field, energia geotermalna, obieg ORC, czynnik niskowrzący, elektrociepłownia

Aktualne działania w sektorze energetycznym zmierzają do zwiększenia wykorzystania odnawialnych źródeł energii oraz do tworzenia tak zwanych spółdzielni energetycznych, czyli samowystarczalnych energetycznie regionów (np. gmin, miast lub wsi). Wpisuje się to w koncepcję związaną z Europejskim Zielonym Ładem (Green Deal). Z tego względu w niniejszej pracy zaproponowano wykorzystanie energii geotermalnej pozyskiwanej za pomocą wymiennika ciepła typu Field do zasilania elektrociepłowni z organicznym obiegiem Clausiusa–Rankine’a z czynnikiem obiegowym z grupy tzw. czynników suchych.

Uzasadnieniem podjęcia tej tematyki jest fakt dostępności energii geotermalnej w całym okresie eksploatacji instalacji, niezależnie od warunków pogodowych, tak jak ma to miejsce w przypadku energii słonecznej lub wiatrowej. Ze względu na ten fakt w analizowanym układzie, z uwagi na dyspozycyjność źródła ciepła, nie ma konieczności magazynowania energii.

Poglądowy schemat elektrociepłowni z obiegiem ORC współpracującej z geotermalnym wymiennikiem ciepła typu Field przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Poglądowy schemat elektrociepłowni geotermalnej

W analizie pracy tego układu uwzględniono zmienność parametrów pracy zarówno po stronie układu ORC, jak i po stronie geotermalnego wymiennika ciepła typu Field.

Nowością w proponowanym układzie jest to, że ciepło na cele centralnego ogrzewania pozyskiwane jest z pary opuszczającej turbinę układu ORC lub bezpośrednio z wymiennika ciepła typu Field. Takie rozwiązanie pozwala na regulowanie strumienia ciepła na potrzeby grzewcze lub na pracę układu tylko jako ciepłownia lub tylko jako elektrownia. Zwiększa to elastyczność proponowanego rozwiązania i pozwala na lepsze wykorzystanie zasobów energii geotermalnej.

Kompleksowa analiza turbosprężarkowego układu generacji chłodu z niskotemperaturowego ciepła odpadowego

Łukasz Witanowski

Instytut Maszyn Przepływowych, Ośrodek Energetyki Ciepłej, ul. gen. J. Fiszer 14, 80-231 Gdańsk

e-mail: lwitanowski@imp.gda.pl

Słowa kluczowe: ciepło odpadowe, ORC-VCC, efektywność energetyczna, turbosprężarka

W obliczu rosnących cen energii elektrycznej oraz konieczności ograniczenia emisji szkodliwych substancji do atmosfery kluczowa staje się kwestia zwiększania efektywności wykorzystania energii. W tym obszarze istotnym zagadnieniem jest zagospodarowanie niskotemperaturowego ciepła odpadowego do produkcji energii elektrycznej lub chłodu. Do tego celu wykorzystuje się różne technologie, takie jak układy: ORC, absorpcyjne, adsorpcyjne, strumieniowe, a także układy ORC-VCC. W tym kontekście niniejsza praca koncentruje się na szczegółowej analizie układu ORC połączonego z chłodniczym układem sprężarkowym (VCC), w którym zastosowano wysokoobrotową turbosprężarkę przepływową. Taka konfiguracja pozwala na eliminację generatora, co skutkuje usunięciem elektrycznej części urządzenia, tym samym upraszczając konstrukcję oraz zwiększając efektywność wykorzystania ciepła odpadowego.

W niniejszej pracy przedstawiono analizę turbosprężarkowego układu chłodniczego przeznaczonego do produkcji ciepła odpadowego (ORC-VCC). W celu określenia optymalnych wskaźników zagospodarowania energii zastosowano optymalizację wielokryterialną. Jako funkcję celu zdefiniowano moc układu, a także sprawność konwersji energii. Wykorzystano front Pareta do określenia zbioru rozwiązań optymalnych w sensie Pareta. W wyniku przeprowadzonych analiz dla rozpatrywanego źródła ciepła osiągnięto sprawność konwersji energii na poziomie 70%, natomiast najwyższa osiągnięta moc mechaniczna wyniosła blisko 7 kW. Dla wybranych punktów przedstawiono przekroje merydionalne części przepływowej turbosprężarek. W pracy zamieszczono również wyniki analizy ekonomicznej, w której przeanalizowano wskaźnik wartości bieżącej netto (NPV) dla okresów inwestycji wynoszących 5, 7 i 10 lat. Tego typu rozwiązania nie były dotychczas analizowane, biorąc pod uwagę zastosowaną turbosprężarkę oraz aspekty termodynamiczne i ekonomiczne.

Modelowanie zachowania ceramicznego elektrolizera za pomocą sztucznej sieci neuronowej

Pouya Zahadat, Jarosław Milewski

Politechnika Warszawska, Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa, ul. Nowowiejska 21/25, 00-660 Warszawa

e-mail: jaroslaw.milewski@mail.com

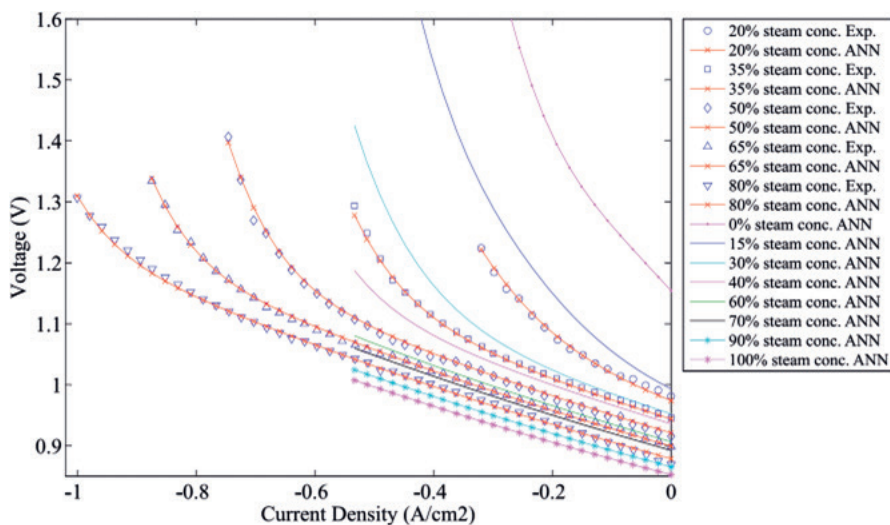
Słowa kluczowe: ogniwa elektrolizera na tlenek stały, modelowanie, sztuczna sieć neuronowa

W niniejszej pracy zastosowano sztuczną sieć neuronową (ANN) do modelowania zachowania ceramicznego elektrolizera (SOEC). Do stworzenia modelu wykorzystano dane eksperymentalne z różnych dostępnych źródeł. Algorytm wstecznej propagacji błędów jest używany do trenowania modelu ANN.

Różne parametry warunków pracy ogniwa i architektury SOEC są badane jako dane wejściowe do modelu ANN. Parametry warunków pracy ogniwa to temperatura ogniwa, gęstość prądu i natężenie przepływu katody. Parametry architektury ogniwa to grubość katody, grubość elektrolitu i grubość anody. Model przewiduje napięcie ogniwa.

Przedstawiono i omówiono ANN, która modeluje SOEC. Wyniki pokazują, że ANN może z powodzeniem uczyć się wewnętrznych zależności dostępnych danych eksperymentalnych i modelować SOEC z dużą dokładnością i możliwością uogólnienia.

Rys. 1 przedstawia krzywe wyjściowe modelu reprezentujące wyjście (napięcie) w stosunku do wejścia (gęstość prądu) dla różnych stężeń pary. Jak pokazano na rysunku, do wytrenowania tego modelu użyto pięciu różnych stężeń pary (20%, 35%, 50%, 65% i 80%). Niebieskie kropki oznaczają dane eksperymentalne, a czerwona linia przedstawia krzywą wyjściową z modelu. NRMSE obliczono na 0,80%, co wskazuje na dokładność modelu dla danych treningowych.



Rys. 1. Wyniki nauczania sztucznej sieci neuronowej

Stoker boiler fired with biomass – some remarks on in-furnace hydrodynamics, grid operation and emission

Robert Zarzycki¹, Mateusz Wiński², Rafał Kobyłecki¹

¹ Politechnika Częstochowska, ul. Dąbrowskiego 73, 42-201 Częstochowa

² Energa Kogeneracja Sp. z o.o., ul. Elektryczna 20A, 82-300 Elbląg

e-mail: robert.zarzycki@pcz.pl; mateusz.winski@energa.pl; rafal.kobylecki@pcz.pl

Keywords: biomass combustion, biochar, stoker boiler, grate-firing

The boom for more common implementation and use of the, so called, renewable energy sources has been observed in recent decades as an attempt to decrease the emission of carbon dioxide and counteract climate changes. Taking into consideration the resources and climatic conditions in Central Europe the technologies focused on biomass and agromass are thus agreed to still play an important role in the power and heat production branches. The authors point out that grate (stoker) combustion of biomass is nowadays a technically- proven and easy way for the production of heat and electricity, at least at medium industrial scale. The combustion of biomass may be realized at relatively low investment costs and for wide range of fuels while the emission of pollutants may be still maintained at acceptable level. However, in order to avoid unwanted operational problems associated with the combustion of biomass, such as agglomeration, fouling, deposition or corrosion, the boiler parameters must be continuously monitored, so that any difficulties or operational problems may immediately be minimized by the operational Staff. However, due to the complexity of the biomass-associated problems, substantial support for boiler engineers is given by scientists who carry out more detailed investigations and present more sophisticated results from e.g. numerical and physical modeling. However, usually those results are not presented to a larger audience and the information remains unknown to other boiler engineers.

The intention of the current paper is to minimize that gap. The novelty of the work is mainly focused on providing and assessing the industrial data from a commercial biomass- and agromass-fired unit and the modernization activities undertaken at the plant in order to adjust the unit to new more tight emission standards and also provide some practical information and data on the possibility to decrease the rate of fouling and content of unburned carbon in the fly ash and slag by controlling the grate operation and air distribution in the combustion chamber. Since the share of biomass in the energy mix in Poland and in the European Union is nowadays increasing the authors believe that the data presented are of particular interest for medium and small-scale power and CHP facility operators where renewable solid fuels are burned. In the paper, original industrial result from the facility operation are provided, analyzed and assessed with particular intention to use them by both scientists and boiler engineers.

Wychwytywanie CO₂ ze spalin w zmiennotemperaturowym ruchomym złożu

Wiesław Zima¹, Sławomir Grądziel¹, Artur Cebula¹, Monika Rerak¹, Ewa Kozak-Jagieta¹, Adam Pawłowski¹, Richard Blom², Lars O. Nord³, Vidar T. Skjervold³

¹ Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

² SINTEF Industry, PO Box 124 Blindern, Oslo N0314, Norway

³ NTNU – Norwegian University of Science and Technology, Department of Energy and Process Engineering, Trondheim, Norway

e-mail: wieslaw.zima@pk.edu.pl; slawomir.gradziel@pk.edu.pl; artur.cebula@pk.edu.pl; monika.rerak@pk.edu.pl; ewa.kozak@pk.edu.pl; adam.pawlowski@pk.edu.pl; richard.blom@sintef.no; lars.nord@ntnu.no; vidar.t.skjervold@ntnu.no

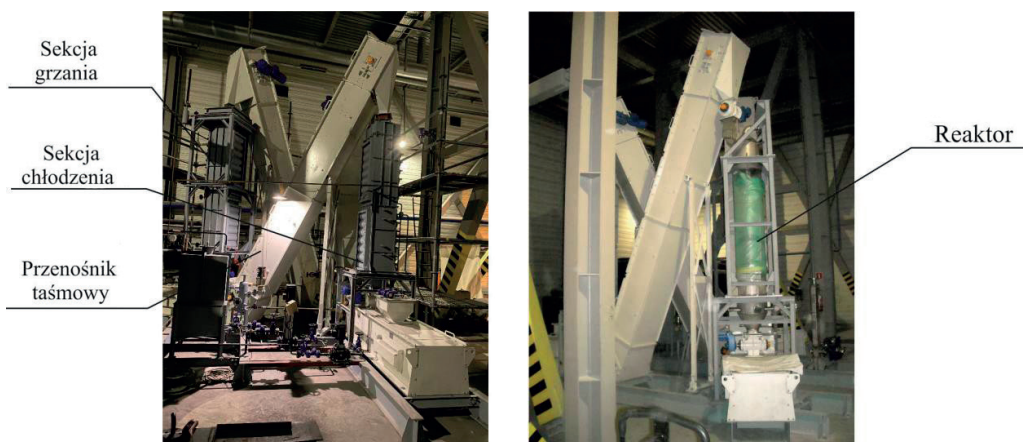
Słowa kluczowe: innowacyjna metoda wychwytywania CO₂, węgiel aktywny, stanowisko badawcze, wstępne wyniki pomiarów, energochłonność metody

Według raportu Międzynarodowej Agencji Energii w 2021 roku wyprodukowano 36,3 mld ton CO₂, co jest najwyższym poziomem w historii. Technologie wychwytywania (przed spalaniem, spalanie tlenowe i wychwytywanie po spalaniu) oraz składowania CO₂ stały się więc jednymi z najbardziej obiecujących rozwiązań w walce ze zmianami klimatu.

W niniejszej pracy przedstawiono stanowisko badawcze służące wychwytywaniu CO₂ ze spalin powstałych po spalaniu pyłu węgla kamiennego (rys. 1). Stanowisko zostało zainstalowane w jednej z polskich elektrowni. Składa się z reaktora wypełnionego Mellapakami, sekcji grzania i chłodzenia adsorbentu (węgiel aktywny), wewnętrznego układu odzysku ciepła oraz układu akwizycji danych.

W pracy przedstawiono wstępne wyniki pomiarów i obliczeń. Oszacowano jednostkowe zapotrzebowanie energii niezbędnej dla wychwycenia 1 kg CO₂ oraz efektywność procesu.

Innowacyjność proponowanej metody wychwytywania CO₂, opracowanej przez norweskiego partnera projektu (SINTEF Industry), polega na wykorzystaniu węgla aktywnego w procesie adsorpcji zmiennotemperaturowej w ruchomym złożu.



Rys. 1. Stanowisko badawcze do wychwytywania CO₂ ze spalin

Selected aspects of thermodynamics in cancer therapy

Paweł Ziółkowski¹, Jacek Zieliński², Piotr Radomski¹, Luciano De Sio³, Francesca Petronella⁴, Federica Zaccagnini³, Dariusz Mikieliewicz¹

¹ Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

² Gdański Uniwersytet Medyczny, ul. Dębinki 1, 80-211 Gdańsk

³ Sapienza University of Rome, Department of Medico-Surgical Sciences and Biotechnologies, Corso della Repubblica, 79 04100 – Latina (LT), Italy

⁴ National Research Council of Italy, Institute of Crystallography CNR-IC, Area della Ricerca Roma 1 Strada Provinciale 35d, n. 9 – 00010 Montelibretti (RM), Italy

e-mail: pawel.ziolkowski1@pg.edu.pl; jacek.zielinski@gumed.edu.pl; luciano.desio@uniroma1.it

Keywords: cancer therapy, CFD, energy conversion

Technical thermodynamics primarily undertakes a broad consideration of the conversion of heat energy into work. After the work of Carnot, who introduced the definition of energy efficiency relating the useful effect to the amount of heat supplied, it became possible to determine the process quality. However, the current application of thermodynamics is expanding to all areas of life, including medical issues, and is concerned with energy conversion in a wide range of processes. Appropriate temperature determination in the tumour area, as well as the heating and quenching time of the tissue, are currently becoming critical in thermoablative therapy. This is particularly applicable in human organs, such as livers, lungs and skin, where removal of the diseased organ carries additional risks. One method is the photothermoablation where the efficiency of converting electromagnetic energy into heat must be considered as first, and then CFD analyses must be conducted for the amount of transferred heat. This paper will present selected results from the authors' previous work, which can be used in this context.

Acknowledgement

The article was supported by the National Science Centre, Poland, under research project "Shape and displacement optimization of gold nanorods in the killing chamber in order to photothermoablation processes", no. UMO-2021/43/D/ST8/02504. Computations were carried out using the computers of Centre of Informatics Tricity Academic Supercomputer & Network (CI TASK).

Wpływ izoterm adsorpcji na temperaturę i stężenie w modelu numerycznym złoża adsorbera

Katarzyna Zwarycz-Makles¹, Dorota Majorkowska-Mech²

¹ Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, al. Piastów 50, 71-311 Szczecin

² Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Informatyki, ul. Żołnierska 49, 71-210 Szczecin

e-mail: kzwarzycz@zut.edu.pl; dmajorkowska@zut.edu.pl

Słowa kluczowe: adsorpcyjna pompa ciepła, adsorpcja, równowaga adsorpcji, modelowanie adsorpcji

Adsorpcyjne pompy ciepła, mimo stosunkowo wysokiego kosztu inwestycyjnego, pozyskują odbiorców zainteresowanych energooszczędnym źródłem ciepła i chłodu. Do niewątpliwych zalet takich urządzeń należą mniejsze zapotrzebowanie na energię elektryczną w porównaniu ze sprężarkowymi pompami ciepła i możliwość stosowania w układach do odzysku ciepła i magazynowania energii oraz we współpracy różnych źródeł energii w układach technicznych. W celu określenia efektywności pracy adsorpcyjnej wielokomorowej pompy ciepła opracowano model numeryczny wymiany ciepła i masy w kolejnych adsorberach (komorach) urządzenia. Model zastosowano dla urządzenia ze złożem silikażel–woda (adsorbent–adsorbat). Równowagę adsorpcji przedstawia się najczęściej w postaci izoterm adsorpcji. W pracy zaprezentowano porównanie wyników obliczeń uzyskanych temperatur adsorbentu, adsorbentu i stężeń pary wodnej na złożu silikażelu przy zastosowaniu w modelu trzech różnych izoterm adsorpcji: izoterm Freundlicha, izotermi Tótha i izotermi Dubinina–Astachowa.

Równanie izotermi Freundlicha jest jedną z najwcześniej wykorzystywanych do opisu równowagi adsorpcji zależności empirycznych. Ma często zastosowanie do heterogenicznych powierzchni adsorbentów. Charakteryzuje się jednak wąskim zakresem ciśnień, dla których można je stosować w praktyce, ze względu na trudność w spełnieniu prawa Henry'ego przy niskich ciśnieniach, oraz nie posiada skończonego rozwiązania dla wysokich ciśnień.

Równanie izotermi Tótha to popularna zależność empiryczna opisująca równowagę adsorpcji w pełnym zakresie ciśnień. Jest stosowane dla wielu adsorbatów o budowie monowarstwowej i często rekomendowane jako pierwszy wybór do analiz.

Równanie izotermi Dubinina–Astachowa zostało opracowane jako zależność semi-empiryczna dla mikroporów o średnicach porównywalnych z rozmiarami cząsteczki adsorbentu. Zależność ta została opracowana dzięki stworzeniu potencjałowej teorii adsorpcji, w której siły utrzymujące cząsteczkę na powierzchni adsorbentu zmniejszają się wraz z odległością. Stwierdzono też, że zależność stopnia wypełnienia przestrzeni adsorpcyjnej od potencjału adsorpcyjnego podlega prawu Gaussa.

Abstrakty referatów w sesji posterowej doktoranckiej

Badania teoretyczne i eksperymentalne topnienia oleju kokosowego z zastosowaniem metodologii pomiaru zmiany zawartości fazy opartej na analizie obrazu

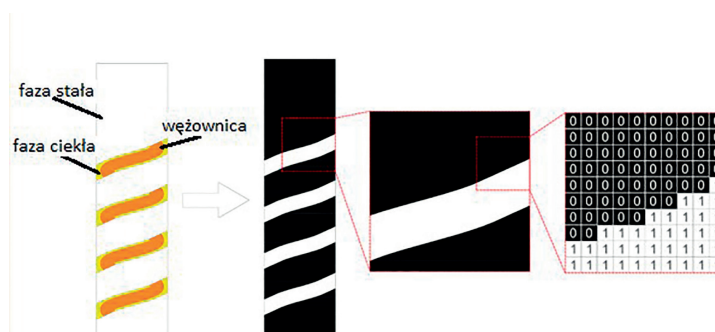
Rafał Andrzejczyk, Michał Rogowski

Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

e-mail: rafal.andrzejczyk@pg.edu.pl; s166832@student.pg.edu.pl

Słowa kluczowe: topnienie, materiał zmiennofazowy, analiza obrazu, zmiana zawartości fazowej

W pracy zaprezentowano badania eksperymentalne procesu topnienia oleju kokosowego w modułowym magazynie termalnym z zastosowaniem techniki analizy obrazu (rys. 1). Technika ta została wykorzystana do wyznaczania zmiany zawartości fazy ciekłej w objętości materiału PCM. W pracy wykorzystano dwa niezależne podejścia obliczeniowe. Pierwsze opiera się na każdorazowym oznaczaniu obszaru zmiany fazy oraz zastosowaniu funkcji statystycznych w celu obliczenia średnicy ekwiwalentnej frontu topnienia. Drugie polega zaś na obliczaniu ogólnej wartości zmiany zawartości faz w objętości zasobnika. Wyniki zaprezentowano jako procentową zmianę udziału fazy ciekłej w objętości PCM. W celu porównania rezultatów dla obu metod przeprowadzono obliczenia zawartości fazy ciekłej w objętości PCM w funkcji ekwiwalentnej średnicy frontu topnienia z wykorzystaniem geometrii modułu badawczego wykonanej w programie Solid Works. Niniejsza praca prezentuje również własny, uproszczony model zjawiska topnienia z zastosowaniem bilansu energetycznego opartego na wynikach rozkładów temperaturowych wewnątrz modułu eksperymentalnego.



Rys. 1. Przykład procesu obróbki obrazu

Jak dotąd tylko nieliczne badania dotyczyły wpływu geometrii frontu topnienia/krzepnięcia na przebieg procesu zmiany fazy. Dostępne wyniki dotyczą zaś modelowania warstwy krzepnięcia dla wody jako substancji zmiennofazowej.

Modelowanie analityczne frontu międzyfazowego w warunkach krzepnięcia materiału zmiennofazowego RT18HC z wykorzystaniem algorytmów uczenia maszynowego

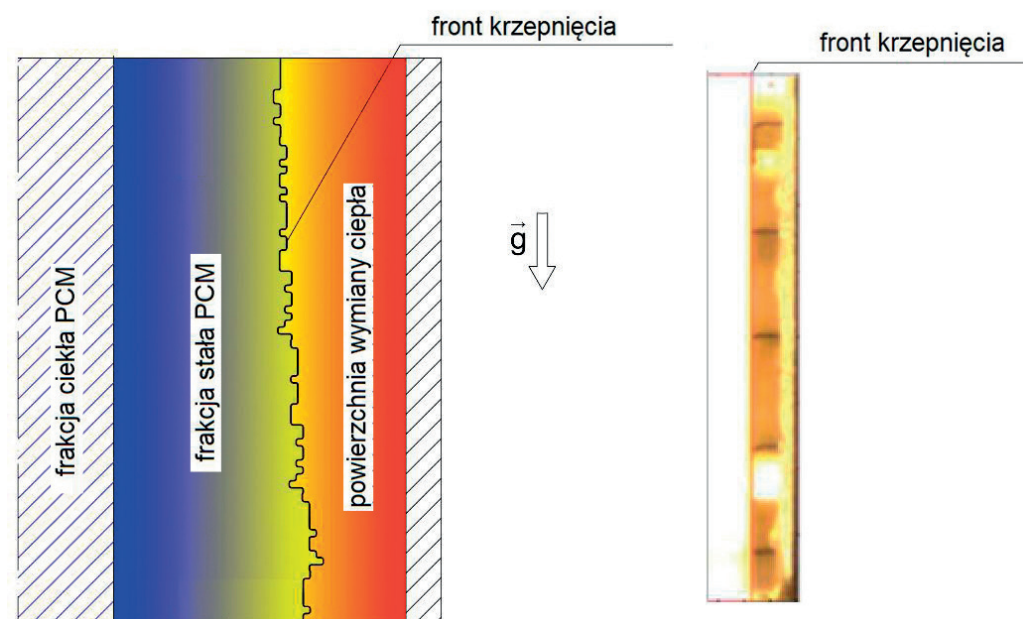
Rafał Andrzejczyk¹, Muhammad Saqib²

Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

e-mail: rafal.andrzejczyk@pg.edu.pl; muhammad.saqib@pg.edu.pl

Słowa kluczowe: krzepnięcie, materiał zmiennofazowy, zmiana zawartości fazowej, algorytm uczenia maszynowego

W pracy zaprezentowano model analityczny frontu międzyfazowego podczas krzepnięcia materiału zmiennofazowego (PCM-u) RT18HC. Modelowanie to zostało zweryfikowane na podstawie wyników badań eksperymentalnych w cylindrycznym module typu rura w ruchu. Zaproponowane podejście opiera się na wykorzystaniu algorytmów uczenia maszynowego. Za pomocą nowego, uproszczonego, półempirycznego modelu możliwe jest wyznaczanie grubości frontu krzepnięcia w funkcji czasu. Model ten jest również możliwy do wykorzystania dla płytowej geometrii magazynu termalnego po odpowiedniej modyfikacji charakterystyki wymiarowej liczb Rayleigha i Fouriera.



Rys. 1. Model fizyczny procesu krzepnięcia (lewa strona); rzeczywiste zdjęcie modułu w trakcie procesu krzepnięcia RT18HC (prawa strona)

Jak wskazuje przegląd literatury, nieliczni autorzy zajmowali się geometrią frontu międzyfazowego w procesie krzepnięcia. To skłoniło autorów niniejszej pracy do opracowania własnego podejścia.

Innowacyjna metoda tłumienia pulsacji ciśnienia i drgań w instalacji sprężarek wyporowych

Kamil Chmielarczyk, Przemysław Młynarczyk

Politechnika Krakowska, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

e-mail: kamil.chmielarczyk@doktorant.pk.edu.pl

Słowa kluczowe: sprężarka wyporowa, pulsacje ciśnienia, wibracje, drgania, tłumienie

Pulsacje ciśnienia występujące w instalacjach sprężarek wyporowych są zjawiskiem wysoce niepożądanym, mogą bowiem generować wibracje rurociągu, hałas oraz inne niekorzystne zjawiska. Obecnie dużą popularność zyskują sprężarki o regulowanym wydatku sprężonego czynnika realizowanymi przez ciągłą kontrolę prędkości obrotowej wału napędowego. Jest to źródłem problemów w przypadku dotychczas stosowanych rozwiązań tłumienia pulsacji (takich jak np. tłumiki Helmholtza), ponieważ tłumiki te są projektowane do tłumienia wąskiego pasma częstotliwości zazwyczaj wokół jednej, głównej częstotliwości pulsacji.

Jedną z możliwości tłumienia pulsacji, a także wibracji jest umieszczenie dyszy o określonym kształcie zamocowanej na elastycznym elemencie (np. sprężynie) w instalacji sprężarki wyporowej. Taki układ, będący w zasadzie wewnątrzrurowym eliminatorem drgań z dodatkową funkcją tłumienia pulsacji ciśnienia, wykazuje się dużą skutecznością w synergicznym tłumieniu pulsacji ciśnienia i wibracji rurociągu. W celu wykonania bardzo skomplikowanych kształtów dyszy i uzyskania sztywnego połączenia ze sprężyną zaproponowano produkcję dyszy przy użyciu technik druku 3D, gdyż takie podejście pozwala na produkcję skomplikowanych kształtów, niemożliwych bądź trudnych do wykonania przy użyciu standardowych technik produkcji.

Szczególnym, innowacyjnym podejściem jest instalacja dysz, mocowanych w osi przepływu czynnika, czyli przewężających przekrój rurociągu od osi do ścianki. Dla takich kształtów, w szczególności sferycznych, mocowanych na sprężynach, osiągnięto wartości tłumienia pulsacji ciśnienia i wibracji rurociągu powyżej 10% dla szerokiego zakresu ich częstotliwości, jednocześnie zachowując niewielki wpływ na wzrost jednostkowej mocy sprężania (do 1%). W ramach realizowanego projektu naukowo-wdrożeniowego rozwijana technologia jest badana na nowoczesnym stanowisku imitującym elementy rzeczywistych, przemysłowych instalacji sprężarkowych. Dalsze prace dotyczyć będą optymalizacji kształtów oraz opracowania modelu numerycznego technologii.

Badania zostały sfinansowane przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, numer grantu: LIDER/40/0140/L-11/19/NCBR/2020.

Wizualizacja pęcherzy podczas wrzenia na powierzchni z minikanalami wypełnionymi częściowo pianą miedzianą

Norbert Dadas, Robert Pastuszko, Robert Kaniowski

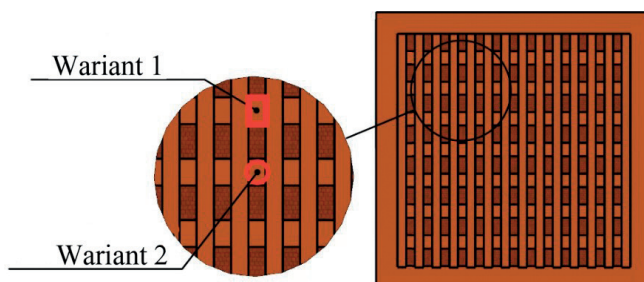
Politechnika Świętokrzyska, Wydział Mechaniki i Procesów Ciepłych, al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce

e-mail: NDadas@tu.kielce.pl; tmprp@tu.kielce.pl; kaniowski@tu.kielce.pl

Słowa kluczowe: wrzenie w objętości, minikanaly, piana miedziana

Wymiana ciepła podczas wrzenia jest jednym z najbardziej efektywnych sposobów odprowadzania ciepła z powierzchni elementów, które generują je jako niepożądaną energię w trakcie działania. Miniaturyzacja urządzeń powoduje zwiększenie gęstości strumienia ciepła, co wymusza poszukiwanie efektywniejszych wymienników ciepła. W niniejszej pracy przedstawiono badania wymiany ciepła przy wrzeniu etanolu na powierzchni rozwiniętej (MCC-F-3.5-0.5-2) z minikanalami, które zostały częściowo wypełnione strukturą porowatą w postaci piany miedzianej. Wypełnienia porowate o wymiarze 2 mm rozmieszczono na całej długości minikanalu z podziałką 3,6 mm. Przestrzenie minikanalów ograniczone strukturą porowatą tworzyły obszary odprowadzania pęcherzy, natomiast ciecz była zasysana przez pory piany miedzianej.

Nowatorskim aspektem pracy jest zaproponowanie powierzchni złożonej w postaci umieszczonych w minikanalach wypełnień porowatych, powodującej znaczne zwiększenie gęstości strumienia ciepła i współczynnika wymiany ciepła przy wrzeniu. Autorzy porównali średnice odrywających się pęcherzy na podstawie przeprowadzonej wizualizacji, przy użyciu szybkiej kamery, z obliczeniami teoretycznymi, w których kształt linii kontaktowych pęcherzy rozpatrywano dla dwóch wariantów przedstawionych na rys. 1.



Rys. 1. Rozmieszczenie wypełnień porowatych w minikanalach oraz przedstawienie założonych linii kontaktowych w postaci:
1) obwodu prostokąta powstałego ze ścianek minikanalów i wypełnień porowatych; 2) obwodu średnicy hydraulicznej

Wyznaczono krzywe wrzenia, które porównano z powierzchnią posiadającą wyłącznie minikanaly (bez wypełnień porowatych), oznaczoną jako MC, oraz z powierzchnią gładką. Uzyskane wartości przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Porównanie maksymalnej gęstości strumienia ciepła, współczynnika przejmowania ciepła i przegrzania

Nazwa powierzchni	MCC-F-3.5-0.5-2	MC	Gładka
Q_{\max} , kW/m ²	1016	894,3	427
a_{\max} , kW/(m ² K)	52,6	48,4	30,7
ΔT_{\max} , °K	20,3	20,8	13,9

Eksperymentalne badanie potencjału stężonych roztworów NaCl do wykorzystania w procesie ciśnieniowo powstrzymywanej osmozy

Fabian Dietrich, Łukasz Cieślikiewicz, Piotr Łapka

Politechnika Warszawska, Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa, ul. Nowowiejska 21/25, 00-665 Warszawa

e-mail: fabian.dietrich.dokt@pw.edu.pl; lukasz.cieslikiewicz@pw.edu.pl; piotr.lapka@pw.edu.pl

Słowa kluczowe: osmoza, PRO, energetyka odnawialna, sole organiczne, badania eksperymentalne

Ciśnieniowo powstrzymywana osmoza (ang. *pressure retarded osmosis*, PRO) jest procesem umożliwiającym generację pracy użytecznej z różnicy zasolenia roztworów. W literaturze najczęściej rozważa się wykorzystanie PRO z roztworami NaCl naturalnymi, takimi jak woda morska i rzeczna, lub przemysłowymi, jak np. koncentrat z odsalania wody morskiej. Najczęściej analizowane są układy pracujące w cyklu otwartym, które są zależne od dostępnego źródła strumieni zasilających układ. W takich układach nie można zbadać pełnego potencjału PRO jako metody generacji energii z uwagi na istniejące ograniczenia parametrów naturalnych i przemysłowych roztworów NaCl.

Drugie podejście, rzadziej spotykane w publikacjach naukowych, to układy pracujące w cyklu zamkniętym. Umożliwiają one szerszą manipulację parametrami strumieni czynników, jak również wykorzystanie zoptymalizowanych, syntetycznych roztworów. Pozwala to na optymalizację procesu w zależności od planowanych zastosowań.

Badania opisane w niniejszej pracy koncentrują się na ocenie potencjału generacji pracy użytecznej roztworów NaCl o wysokim stężeniu w zmiennych warunkach. Opracowane stanowisko eksperymentalne daje możliwość pełnej kontroli nad temperaturą strumieni roztworów bogatego i ubogiego. Dzięki temu wyznaczono wpływ temperatury roztworów na przepływ wody przez membranę, który jest bezpośrednio związany z możliwością uzyskania pracy w procesie PRO. Badania prowadzono bez przeciwcisnienia (konfiguracja typowa dla procesu osmozy, ang. *forward osmosis*), wymuszając jedynie przepływy po obu stronach membrany.

Dotychczas opublikowane badania bazują w większości na stężeniach odpowiadających standardowemu stężeniu wody morskiej. Badania przedstawione w niniejszej pracy rozszerzono na roztwory wysokostężone, co pozwala na określenie maksymalnego teoretycznego potencjału odczynnika w przyszłych zastosowaniach w zamkniętych układach PRO. Badanie eksperymentalne umożliwia również wykrycie potencjalnych problemów technicznych wynikających ze zwiększenia koncentracji roztworów roboczych, trudnych do przewidzenia w analizach teoretycznych. Ponadto określenie wpływu temperatury roztworów na dynamikę procesu pozwoli na lepsze przewidywanie zachowania takich układów w zmiennych warunkach pracy.

Identyfikacja stanu cieplno-wytrzymałościowego w elemencie ciśnieniowym o złożonej geometrii

Piotr Duda, Mariusz Konieczny

Politechnika Krakowska, Wydział Mechaniczny, al. Jana Pawła II, 37, 31-864 Kraków

e-mail: piotr.duda@pk.edu.pl; mariusz.konieczny@doktorant.pk.edu.pl

Słowa kluczowe: odwrotne przewodzenie ciepła, bilansowa metoda objętości kontrolnej, złożona geometria, system diagnostyczny, monitorowanie

Rozwijająca się gospodarka jest uzależniona od różnych źródeł energii. Obecnie do produkcji energii wykorzystuje się głównie paliwa kopalne, takie jak ropa naftowa, węgiel i gaz ziemny, które są jednak stopniowo wyczerpywane i w znacznym stopniu przyczyniają się do emisji gazów cieplarnianych. Energetyka jądrowa może częściowo zastąpić te źródła energii i dostarcza już około 20% światowej energii. Dla zapewnienia w przyszłości wydajnego i bezpiecznego dla ludności i środowiska źródła energii szczególne znaczenie będzie miała energetyka termojądrowa wykorzystująca energię uwolnioną w wyniku termojądrowej syntezy izotopów wodoru, deuteru i trytu.

Zachowanie się elementów elektrowni konwencjonalnych, jądrowych czy termojądrowych badano w wielu projektach badawczych. Podczas ich eksploatacji w grubościennych elementach ciśnieniowych występują duże naprężenia. Cykliczność pracy wynikająca z chłodzenia i nagrzewania elementów ciśnieniowych powoduje zjawisko zmęczenia niskocyklowego, które może prowadzić do pęknięć. Ponieważ elektrownie się starzeją lub stosowane są wyższe parametry operacyjne, inżynierowie potrzebują kryteriów przesiewowych, aby móc wyeliminować ryzyko zmęczenia cieplnego.

Przy wyznaczaniu rozkładu temperatury i naprężeń w eksploatowanych elementach podstawowy problem stanowi trudność określenia warunków brzegowych. Nieznany warunek brzegowy występuje zwykle na powierzchniach mających kontakt z płynem. Rozwiązanie jest możliwe przez sformułowanie odwrotnego problemu przewodzenia ciepła i dostarczenie zmierzonych przebiegów temperatury. Dla elementów o prostych kształtach, niezależnych od temperatury właściwościach termofizycznych znane są metody analityczne i numeryczne, które pozwalają na identyfikację stanu cieplno-wytrzymałościowego w stanach zarówno ustalonych, jak i nieustalonych. Znacznie mniej badań poświęcono analizie wielowymiarowego pola temperatur i naprężeń w elementach o kształtach złożonych. W niniejszej pracy przedstawiono identyfikację stanu cieplno-wytrzymałościowego w elemencie o złożonym kształcie. W celu weryfikacji stabilności i dokładności metody uzyskane wyniki porównano z wielkościami uzyskanymi z rozwiązania bezpośredniego.

Modelowanie wymiany ciepła podczas kondensacji w przepływie w warunkach podwyższonego ciśnienia nasycenia do zastosowania w wysokotemperaturowych pompach ciepła

Stanisław Głuch, Dariusz Mikielawicz

Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

e-mail: stanislaw.gluch@pg.edu.pl; dariusz.mikielawicz@pg.edu.pl

Słowa kluczowe: kondensacja, współczynnik przejmowania ciepła, wysoka wartość ciśnienia zredukowanego, podwyższone ciśnienie nasycenia

Proces kondensacji w wysokotemperaturowych pompach ciepła zachodzi w temperaturach wyższych niż 80°C. W literaturze istnieje luka w wiedzy na temat podwyższonych temperatur nasycenia i odpowiadających im wysokich ciśnień zredukowanych. Większość istniejących danych eksperymentalnych zebrano dla temperatur poniżej 40°C, co jest związane z zastosowaniami chłodniczymi czynników niskowrzących. W przypadku temperatur wyższych niż 120°C większość czynników chłodniczych działa blisko termodynamicznego punktu krytycznego, w którym zachodzą gwałtowne zmiany lepkości i gęstości faz ciekłej i parowej, co wywiera znaczący wpływ na interakcje międzycząsteczkowe. Większość modeli literaturowych opiera się na określonych parametrach eksperymentalnych i nie ma charakteru ogólnego do zastosowań w przypadku cieczy i w nieeksperymentalnych warunkach termodynamicznych.

Niniejsza praca miała na celu stworzenie ogólnego modelu do obliczania współczynników przejmowania ciepła podczas kondensacji w przepływie, który mógłby być stosowany dla szerokiego zakresu płynów i parametrów termodynamicznych, aż do okolic punktu krytycznego. Zaprezentowana metoda wykorzystuje klasyczne podejście do korelacji matematycznej, które bazuje na silnych podstawach fizycznych – hipotezie analogii między współczynnikiem przejmowania ciepła a spadkiem ciśnienia w przepływie dwufazowym. Obliczenia oparto na skonsolidowanej bazie danych składającej się z 4659 punktów danych dla 25 płynów i obejmującej zakres ciśnienia zredukowanego 0,1–0,9 dla różnych prędkości masowych i średnic. Nową wersję korelacji Mikielawicza porównano z czterema innymi modelami matematycznymi polecanymi do obliczeń inżynierskich i uzyskano dla niej najlepsze wyniki. Wartość średniego błędu absolutnego MAE wyniosła 32% dla nowego modelu, co stanowi najlepszy wynik spośród testowanych modeli.

Numerical benchmark-like analysis of round impinging jet – summary

Sebastian Gurgul, Elżbieta Fornalik-Wajs

AGH University of Krakow, Faculty of Energy and Fuels, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

e-mail: sebastian.gurgul@agh.edu.pl; elzbieta.fornalik@agh.edu.pl

Keywords: turbulence, jet impingement, Nusselt number, heat transfer intensification, RANS

The jet impingement phenomenon is one of the very efficient heat transfer enhancement processes. Increased thermal performance may lead to the production of smaller and more efficient cooling/heating or smaller and more powerful devices.

Presented research was oriented on the numerical investigations of impingement heat transfer taking into consideration various geometrical, hydrodynamical and turbulence parameters to create a database/benchmark for single round and turbulent jet impingement phenomenon. Numerical calculations were carried out in ANSYS Fluent software for four geometrical, four hydrodynamical cases and five Reynolds Averaged Navier-Stokes (RANS) turbulence models. The detailed studies considered the Nusselt number values distribution and its comparison with the experimental and other numerical data. For the comparison purpose, a new approach to the discrepancies justification was proposed. It estimates the convective heat transfer rate and evaluates the absolute and relative differences between numerical and experimental data. Based on this measure, a suggestion for turbulence model selection for particular geometrical and hydrodynamical parameters was formulated. Additionally, a turbulence kinetic energy, momentum and energy budgets have been presented which may help to understand the transport processes of this phenomenon and to explain the differences between the turbulence models. Comparison of momentum balance between two turbulence models for one geometrical and one hydrodynamical configuration is presented in Fig. 1.

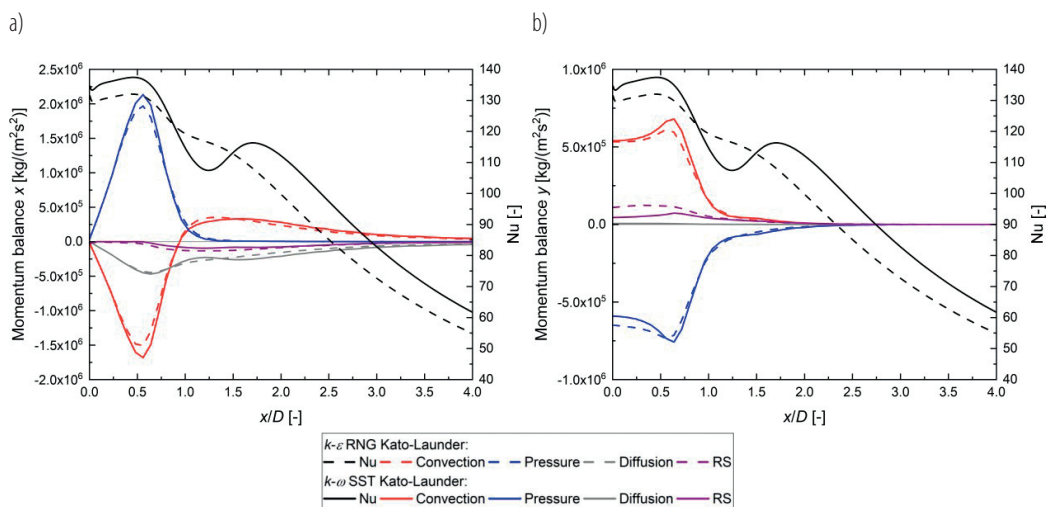


Fig. 1. Momentum balance at $H/D = 2$, $Re = 23\,000$, $k-\omega$ SST Kato-Launder and $k-\epsilon$ RNG Kato-Launder turbulence models: a) x , radial direction; b) y , axial direction

Acknowledgement

This research was partially supported by the Ministry of Education and Science.

Analiza spadku temperatury nośnika ciepła w układach chłodniczych zasilanych energią ciepłą

Paweł Jakończuk¹, Kamil Śmierciew²

¹ Politechnika Białostocka, Wydział Mechaniczny, ul. Wiejska 45 C, 15-351 Białystok

² Marani sp. z o.o., ul. Szybowcowa 14c, 41-808 Zabrze

e-mail: pawel.jakonczuk@pb.edu.pl; k.smierciew@pb.edu.pl

Słowa kluczowe: układ strumieniowy, ciepło odpadowe, efektywność, źródło niskotemperaturowe, spadek temperatury

Rosnące światowe zużycie energii, ograniczone rezerwy paliw kopalnych i troska o środowisko doprowadziły do wzrostu zainteresowania produkcją chłodu z wykorzystaniem źródeł alternatywnych. Należą do nich m.in. energia słoneczna, źródła geotermalne, ciepło procesowe i ciepło odpadowe. Ciepło o niskim potencjale temperaturowym można wykorzystać do wytworzenia wydajności chłodniczej w układach chłodniczych absorpcyjnych, adsorpcyjnych lub strumieniowych. Te ostatnie zwykle osiągają niższy współczynnik efektywności energetycznej COP niż absorpcyjne agregaty chłodnicze pracujące z bromkiem litu lub amoniakiem. Ich zaletę stanowi jednak fakt, że mogą one pracować w bardzo niskim zakresie temperatur napędowych źródeł ciepła, a mianowicie 50–80°C.

W konwencjonalnym strumieniowym obiegu chłodniczym proces pozyskania ze źródła ciepła napędowego potrzebnego do wytwarzania pary realizowany jest przy stałej temperaturze. Można to uznać za główne ograniczenie dotyczące stosowania ciepła niskotemperaturowego jako źródła napędowego w tych układach. Po pierwsze, skutkuje to wymaganym znacznym masowym natężeniem przepływu przy niewielkim spadku temperatury płynu grzewczego. Po drugie, istotne jest, aby spadek temperatury nośnika ciepła był jak największy. Pierwszym zaproponowanym nowatorskim podejściem jest strumieniowy obieg z odparowaniem w dyszy napędowej (ang. *ejector flashing cycle*, EFC), w którym ciecz robocza jest podgrzewana do temperatury nasycenia tylko na wlocie do dyszy napędowej eżektora. Drugie możliwe podejście polega na zastosowaniu mieszaniny zeotropowej jako płynu roboczego w konwencjonalnym obiegu strumieniowym.

W pracy pokazano wyniki analiz zastosowania obiegu z flashingiem pod kątem uzyskanego spadku temperatury źródła dla trzech temperatur źródła ciepła (60°C, 75°C, 90°C) i dwóch temperatur parowania (0°C, 6°C). Przeanalizowano osiem czystych czynników chłodniczych o niskim GWP. Wykazano, że obieg z flashingiem może efektywnie działać z niskotemperaturowym ruchomym źródłem ciepła (60°C) z czynnikami chłodniczymi R1234yf i R1234ze(E). Najwyższy współczynnik wydajności (COP) jest osiągalny dla propanu przy temperaturze źródła napędowego 60°C i R1234ze(Z) przy temperaturze czynnika napędowego 75°C i 90°C.

Numerical investigation of pool boiling on flat surface in atmospheric and subatmospheric pressure

Dominika Kaczmarek, Tomasz Hałon, Bartosz Zajczkowski

Politechnika Wroclawska, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław

e-mail: dominika.kaczmarek@pwr.edu.pl

Keywords: pool boiling, subatmospheric pressure, atmospheric pressure, numerical investigation

Over the last decades, the knowledge of subatmospheric boiling has been successfully growing, however many scientists, including Michaie et al. and Giraud et al. admit that despite the known concept of pool boiling, studies performed at subatmospheric pressures are very scarce. Existing knowledge of boiling processes occurring at higher pressures does not allow predicting the dynamics of subatmospheric phase transitions. One feature that differentiates boiling at subatmospheric pressure and at atmospheric pressure is the shape and size of the formed vapor bubbles. Increase in size of vapor bubbles at low pressures is due to increase in specific volume of vapor compared to atmospheric pressure. In order to reduce the time as well as costs associated with conducting experiments at existing test facilities, it is necessary to create a valid tool that will be used to design future experiments.

The research proposes a CFD simulation model of the saturated pool boiling process of water under subatmospheric and atmospheric pressure conditions on a flat surface. The simulation was carried out on a 1.5 mm thick flat plate with a diameter of 50 mm for different operating parameters: three pressures of 5.6 kPa, 12.4 kPa and atmospheric pressure which corresponds to the saturation temperatures of 35°, 50° and 100° respectively, and for constant value of liquid level 17.3 cm and also imposed constant heat flux 2.7 W/cm². Numerical model will focus on the shape of vapor bubbles and the impact of pressure on its shape and dimensions. The simulation is compared to existing empirical investigation from literature – experimental data used and obtained by Michaie et al. was used to validate the model.

The practical potential of water is not yet fully explored, and the study of boiling at sub- atmospheric pressures can contribute to new technological solutions for heat exchangers, changing operating parameters and reducing their size. With a valid tool, it will be possible to examine pool boiling on more complicated surfaces and tube bundles. Such numerical model representing the boiling process has not been verified before with experimental values.

The proposed numerical model can also be used to study the influence of hydrostatic pressure, which, in the range of low pressures studied, has a huge impact on the shape and size of vapor bubbles. This is because a 10 cm column of liquid generates an additional pressure of around 1 kPa, which influences hugely boiling process in subatmospheric pressures.

Advancing heat exchanger design with AI-enabled optimization in additive manufacturing: a holistic framework

Moizuddin S. Khaja, Dariusz Mikielawicz

Gdańsk University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering and Shipbuilding, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

e-mail: khajamoizuddin12@gmail.com

Keywords: heat exchanger, machine learning, 3D printing, finite element analysis, computational fluid dynamics, optimization

Additive manufacturing (AM) opens a new era of possibilities for the design and development of complex and efficient heat exchangers (HEs). However, optimizing these HE remains a non-trivial endeavor due to the large design space and numerous constraints. Although conventional design methods provide some benefit, there is a notable lacuna in research on the application of advanced machine learning (ML) techniques in this area. To address this gap, the development of an innovative AI-driven methodology for the numerical optimization of 3D printable HEs is a ground-breaking proposal. This approach would integrate finite element analysis (FEA), computational fluid dynamics (CFD), and AM capabilities to create a comprehensive learning model. This model, using state-of-the-art platforms such as TensorFlow or PyTorch, would seamlessly combine supervised, unsupervised, and reinforcement learning (RL) techniques depending on the requirements of the task.

This methodology requires a diverse dataset of HE designs. By systematically increasing design complexity and material variety, we can test and improve the model's performance. This incremental approach would promote model reliability and performance while ensuring that the model can manage real-world complexities. The model aims to optimize key parameters such as heat transfer efficiency, structural integrity, and manufacturing cost, etc., while carefully considering constraints such as material limits, regulatory compliance, etc. A key aspect of this methodology would be managing trade-offs between competing objectives, a judicious application of weighted approach or Pareto optimization is proposed to account for the multi-objective nature of the problem. Importantly, the model would address uncertainties in the input data using Monte Carlo simulations or stochastic optimization algorithms to ensure robustness to variations in the input data. Following optimization, the design would be validated using empirical data from FEA and CFD analyses in Ansys. Any discrepancies could result in iterative refinement or re-training of the model, using advanced techniques such as transfer learning. Given the iterative nature of ML models, performance metrics such as precision, recall, F1 score, and AUC-ROC would be used to assess and improve model performance. In addition, scalability considerations are of utmost importance. As designs become more complex or data sets larger, efficient computational strategies and resource optimization techniques would be used to ensure that the model scales effectively. Once developed, strategies for deploying, monitoring, updating, and maintaining the AI model would be critical to its successful application in real-world scenarios.

The proposed method has the potential to deliver robust, reliable, and optimized designs for 3D printable HEs by fusing these learning techniques. If such an innovative AI-driven methodology is implemented, it can not only effectively address the intricacies of heat transfer applications in a wide range of industries while adhering to stringent industry standards, but it can also set a new benchmark in the field. The study suggests that the pioneering integration of AI and additive manufacturing may be a trailblazer for optimized HE design, marking a significant advancement in HE designs and beyond.

Analiza egzergetyczna hybrydowych układów wykorzystujących systemy fotowoltaiczne i pompy ciepła

Waldemar Kuczyński, Anna Borowska

Politechnika Koszalińska, Wydział Mechaniczny, ul. Raławicka 15-17, 75-620 Koszalin

e-mail: waldemar.kuczynski@tu.koszalin.pl; anna.borowska@tu.koszalin.pl

Słowa kluczowe: fotowoltaika, pompy ciepła, analiza energetyczno-egzergetyczna

W artykule przedstawiono techniczno-ekonomiczną analizę pracy różnych prosumenckich układów fotowoltaicznych funkcjonujących na terenie północnej Polski. Projektowane systemy są jednostkami prądowórczymi zaliczanymi do mikroźródeł wykorzystujących energię odnawialną (słoneczną). Ich podstawowym przeznaczeniem jest generowanie przez system energii elektrycznej na potrzeby własne obiektu. Dzięki wykonaniu w układzie połączenia równoległego z siecią wewnętrzną możliwe jest oddanie nadwyżki wytworzonej energii – w przypadku jej zużycia w tym obiekcie – do sieci elektroenergetycznej OSD (operatora systemu dystrybucyjnego). Przyjęty system współpracy z siecią (*on-grid*) oznacza, że instalacja jest elementem wytwórczym w publicznej sieci elektroenergetycznej, co wiąże się ze spełnieniem wymagań określonych przepisami, normami i regulacjami wewnętrznymi operatora sieci dystrybucyjnej. W tym systemie nie ma potrzeby magazynowania energii w akumulatorach, ponieważ system nie może działać jako niezależne źródło energii, natomiast w układzie bilansowym ilość wygenerowanej energii elektrycznej odnosi się do ilości zużytej przez pompy ciepła. Analizowane instalacje pochodzą z obszaru północnej Polski – województwa zachodniopomorskiego, powiatu koszalińskiego (rys. 1). Instalacje te funkcjonują od 2017 roku, a każda z nich zbudowana jest na bazie bardzo podobnych (pod względem parametrów technicznych) komponentów – modułów fotowoltaicznych i falownika. Są trójfazowe. Różnią się orientacją względem kierunków świata oraz kątem nachylenia dachu. W pracy przedstawiono analizę działania każdej instalacji z osobna. Niepożądanym zjawiskiem jest częściowe zacienienie poszczególnych modułów instalacji fotowoltaicznej, co przy nasłonecznieniu pozostałych modułów prowadzi do powstawania tzw. hot spotów i w konsekwencji spalania zaciemnionych modułów. Aby wyeliminować to zagrożenie, zastosowano diody mostkujące, zintegrowane z każdym modułem.

Uzyskane wyniki umożliwiły przeprowadzenie analizy energetycznej i egzergetycznej tych systemów oraz rozważenie ekonomicznego aspektu ich działania.

Jak dotąd powstały tylko nieliczne opracowania dotyczące tego zagadnienia – związane przede wszystkim z analizą egzergetyczną układów wykorzystywanych w obszarze odnawialnych źródeł energii.



Rys. 1. Widok mapy z zainstalowanymi układami

Badanie procesu skraplania izomerów R1234 w kompaktowych wymiennikach ciepła wytworzonych metodą wydruku 3D z proszków metali

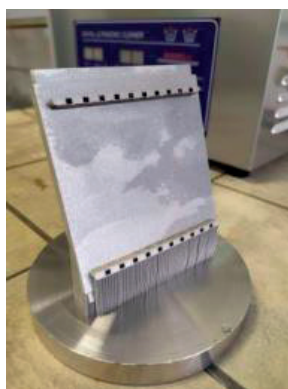
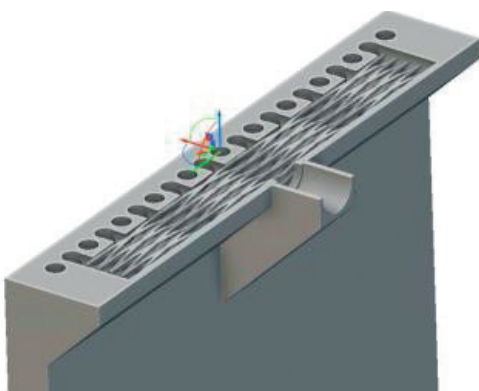
Waldemar Kuczynski, Katarzyna Chliszcz

Politechnika Koszalińska, Wydział Mechaniczny, ul. Raławicka 15-17, 75-620 Koszalin

e-mail: waldemar.kuczynski@tu.koszalin.pl; katarzyna.chliszcz@tu.koszalin.pl

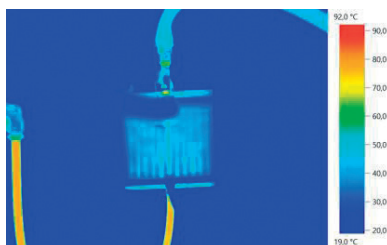
Słowa kluczowe: czynniki chłodnicze, skraplanie, kompaktowe wymienniki ciepła, wydruk 3D z proszków metali

W pracy przeprowadzono analizę procesu skraplania nowych, proekologicznych czynników chłodniczych w kompaktowych wymiennikach ciepła wytworzonych metodą wydruku 3D z proszków metali (rys. 1).



Rys. 1. Obraz przekroju projektu i gotowego wydrukowanego kompaktowego wymiennika

W tym celu przeprowadzono badania eksperymentalne na grupie nowych czynników chłodniczych będących izomerami R1234, traktowanych jako substytuty R134a. Badania zrealizowano w wymienniku o przekroju kołowym kanałów i średnicy hydraulicznej 1,5 mm (rys. 2). Uzyskane wyniki opracowano w celu weryfikacji możliwości realizacji procesu skraplania w kompaktowych wymiennikach ciepła wykonanych przy zastosowaniu wskazanej metody.



Rys. 2. Obraz weryfikacyjnych pomiarów temperatury metodą termowizyjną

Obecnie w literaturze przedmiotu brak jest informacji dotyczących realizacji procesów przemiany fazowej czynników chłodniczych w wymiennikach ciepła zbudowanych na bazie minikanalów wytworzonych metodą wydruku 3D z proszków metali.

Numeryczne badania procesów ciepłno-przepływowych w skraplaczu strumienicowym dla wybranych parametrów geometrycznych

Tomasz Kuś, Paweł Madejski

Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, al. Adama Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

e-mail: kus@agh.edu.pl; madejski@agh.edu.pl

Słowa kluczowe: eżektor, przepływ dwufazowy, skraplanie pary wodnej, CFD

Obliczeniowa mechanika płynów (ang. *computational fluid dynamics*, CFD) jest zaawansowanym narzędziem pozwalającym rozwiązywać złożone problemy ciepłno-przepływowe w skomplikowanych geometriach. Umożliwia głębsze zrozumienie zjawisk, a także identyfikację najlepszych warunków pracy oraz wybór najbardziej korzystnej geometrii.

Obiektem badań w niniejszej pracy jest skraplacz strumienicowy, będący cieczowo-gazowym eżektorem pełniącym funkcję skraplacza w układzie elektrowni gazowej o ujemnej emisji. Jego funkcja obejmuje wytworzenie podciśnienia pozwalającego na zasanie gazów wylotowych, a następnie skroplenie zawartej w nich pary wodnej. Analiza CFD zjawisk przepływowych pozwoliła wskazać zestaw parametrów geometrycznych sprzyjających wykropleniu pary wodnej ze spalin, a także wytworzeniu odpowiedniego poziomu podciśnienia na wlocie do strumienicy. Ocena wpływu wybranych parametrów została przeprowadzona na podstawie opracowanych rozkładów skalarnych, a także przebiegów ciśnień, prędkości i temperatur wzdłuż kierunku przepływu. Opracowano dwuwymiarowy, osiowosymetryczny model numeryczny odzwierciedlający wielofazowy, turbulentny przepływ ze zjawiskiem skraplania pary wodnej w obecności gazu inertnego. Wielofazowy przepływ został uwzględniony za pomocą modelu Mixture, bazującego na podejściu Eulera–Eulera. Do obliczeń turbulencji wykorzystano dwurównaniowy model $k-\epsilon$. Zjawisko kondensacji pary wodnej obliczono za pomocą modelu wykorzystującego zmodyfikowaną korelację Ranza–Marshalla.

Nowatorskim aspektem pracy jest opracowany model numeryczny skraplacza strumienicowego, który za pomocą zaimplementowanych podmodeli odzwierciedla warunki elektrowni gazowej o ujemnej emisji. Otrzymany zestaw wymiarów pozwala na opracowanie i ocenę autorskiej geometrii umożliwiającej najbardziej efektywne wykraplanie pary wodnej z mieszaniny gazów.

Podziękowania

Badania otrzymały dofinansowanie z Funduszy Norweskich 2014–2021 za pośrednictwem Narodowego Centrum Badań i Rozwoju. Artykuł powstał w ramach projektu „Elektrownia gazowa o ujemnej emisji CO₂” – NOR/POLNORCCS/NEGATIVE-CO2-PP/0009/2019-00, współfinansowanego z programu „Badania stosowane” w ramach Norweskich Mechanizmów Finansowania 2014–2021 POLNOR CCS 2019 – Rozwój zintegrowanych rozwiązań wychwytywania CO₂ w procesach energetycznych i przemysłowych.

Numerical analysis of energy transfer in the human eye as a result of electro-magnetic radiation exposure

Elżbieta Kwapisz, Elżbieta Fornalik-Wajs

AGH University of Krakow, Department of Fundamental Research in Energy Engineering, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

e-mail: ekwapisz@agh.edu.pl; elzbieta.fornalik@agh.edu.pl

Keywords: computational fluid dynamics, high frequency electro-magnetic radiation, energy transport, human eye

In recent years, a telecommunication infrastructure has developed significantly. An increasing trend is observed in a number of users of mobile devices and people with Internet access in all age groups. Therefore, the widening range of products' categories that are permanently connected to the Internet, the transfer of work to the cloud, and the development of communication technologies are observed. The Fear of Missing Out (FOMO) phenomenon, which focusses on effects of the trends described above, has a significant impact on the time spent using mobile devices and a nature of these devices usage. In the face of this information, a frequently raised issue on is impact of the electro-magnetic (EM) radiation on the human health.

Presented research concentrated on an influence of the high frequency EM radiation on the human eye. The main organ of the sense of sight, unlike other organs, is subject to direct exposure of this radiation. The only protection is the eyelid and the tear fluid. Unfortunately, as human beings, we tend to reduce the frequency of blinking when using mobile devices, which is directly related to a faster evaporation of the tear fluid. Furthermore, the eye (its geometry is presented in Fig.1) is still poorly studied in comparison with other organs.

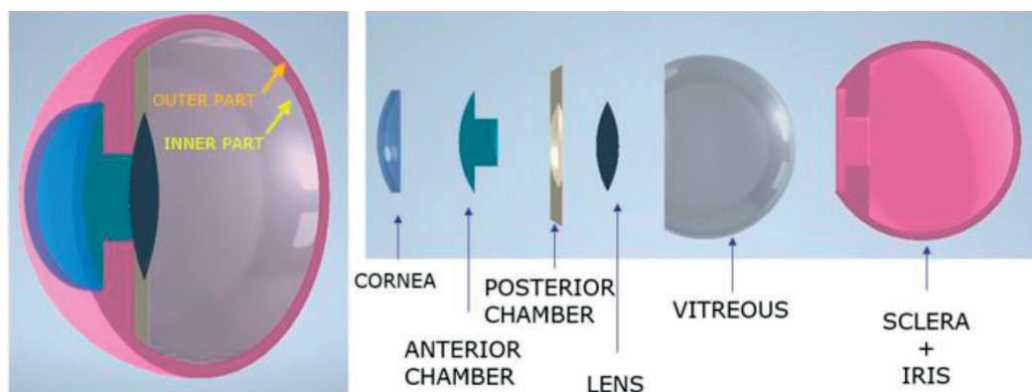


Fig. 1. The geometry in a cross section representing various tissues in the human eye

Numerical analysis of energy transfer in the human eye as a result of exposure to the EM radiation in the GHz range was performed. It was carried out using the ANSYS Fluent solver. Numerical modelling of EM radiation generation was carried out using the ANSYS High Frequency Simulation Software (HFSS) solver. The novelty is the coupling of both solvers for the analysis of the effect of the generated EM field on energy transport in the human eye. The comparative analysis between the results without and with exposure was computed for wide range of electro-magnetic radiation frequency. To the best authors' knowledge, such an analysis has not yet been presented in the literature.

Acknowledgement

This research was partially supported by the Ministry of Education and Science.

Numerical modelling of the low-temperature thermochemical energy storage reactor using salt hydrates – analysis of the charging and discharging processes

Natalia Mikos-Nuszkiewicz, Piotr Furmański

Warsaw University of Technology, Faculty of Power and Aeronautical Engineering, Institute of Heat Engineering,
ul. Nowowiejska 21/25, 00-665 Warszawa

e-mail: natalia.mikos.dokt@pw.edu.pl; piotr.furmanski@pw.edu.pl

Keywords: thermochemical energy storage, numerical modelling, salt hydrates, thermal energy storage, reversible chemical reactions

Thermochemical energy storage (TChES) is the least studied technology among thermal energy storage methods. Nevertheless, its advantageous properties make it a promising heat accumulation way. The TChES has a high storage density ($0.5\text{--}3\text{ GJ/m}^3$) and shows a very wide temperature range of application. Moreover, the storing material can be hypothetically kept at room temperature for a long time or transported over a long distance with negligible heat losses to the surrounding. Because of the great potential of the practical application of TChES method it recently attracts the attention of researchers.

The paper presents a model of the charging and discharging processes of a thermochemical energy storage reactor in the cylindrical form. The model is an intermediate approach between 1D/lumped-element and 2D/3D spatially resolved models. The reversible chemisorption reaction is used in the reactor with a salt undergoing hydration and dehydration processes. As a heat-carrying medium, moist air is applied. The following parameters describe the reactor operations: specific humidity and temperature of the moist air in the reactor, degree of transformation (reaction rate) and bed temperature across the reactor. The temporal and spatial variations of the listed parameters form the core of the model.

The major part of the paper is devoted to studying of charging and discharging times of the storage with the proposed geometry, energy accumulated in the reactor in a thermochemical way as opposed to the heat stored in a sensible one, and evaluation of the chemical, total and round-trip efficiency of storing. The numerical model based on the mathematical one was implemented using Python. It permitted to simulate the considered TChES process for a broader range of parameters that impact the reactor's performance than other studies. It also allowed for a more exhaustive analysis of the possibility of the heat accumulation in the TChES reactor.

Modułowy, hybrydowy węzeł cieplny

Michał Mrózek, Jan Wajs

Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

e-mail: michal.mrozek@pg.edu.pl; e-mail: jan.wajs@pg.edu.pl

Słowa kluczowe: efektywność energetyczna, pompy ciepła, system grzewczy, analizy energetyczne

Rosnące zapotrzebowanie na nośniki energii, ograniczenia na rynku paliw kopalnych i zmiany klimatu wymagają intensyfikacji pracy nad zagadnieniami poprawy efektywności energetycznej systemów oraz zwiększenia w nich udziału odnawialnych źródeł energii (OZE), co zaowocuje redukcją zanieczyszczenia powietrza. W systemach ciepłowniczych można te zagadnienia rozpatrywać z perspektywy makro i mikro. Perspektywa makro odnosi się do modernizacji miejskich systemów ciepłowniczych, natomiast perspektywa mikro – do termomodernizacji budynków. Efekty zmian w skali makro stają się widoczne z pewnym opóźnieniem, ze względu na skalę przedsięwzięć modernizacyjnych. Znacznie szybciej widoczne są efekty termomodernizacji budynków. Aktualnie, ze względu na znaczący wzrost cen nośników energii, poszukuje się sposobów redukcji kosztów eksploatacyjnych budynków, alternatywnych do kosztownej, kompleksowej termomodernizacji.

W pracy przedstawiono autorską koncepcję modułowego, hybrydowego węzła cieplnego, który może zyskać zainteresowanie inwestorów modernizujących instalacje grzewcze w budynkach przyłączonych do sieci ciepłowniczych, w szczególności w budynkach użyteczności publicznej lub wielorodzinnych. Zakłada ona rozbudowę (po stronie odbiorcy ciepła) klasycznego węzła cieplnego przyłączonego do sieci ciepłowniczej o odnawialne i konwencjonalne źródła energii, jak również odpowiednie sterowanie pracą utworzonego w ten sposób systemu. Skupiając uwagę na oczekiwaniach odbiorcy ciepła, jako kryteria optymalizacji przyjęto m.in.:

- maksymalizację efektywności energetycznej węzła cieplnego;
- minimalizację kosztów eksploatacji węzła cieplnego;
- minimalizację okresu zwrotu nakładów inwestycyjnych na modernizowany węzeł cieplny.

Zaproponowany system składa się z trzech modułów: 1) powietrznych pomp ciepła współpracujących z węzłem ciepłowniczym i stanowiących podstawowe źródło ciepła; 2) szczytowych źródeł ciepła w postaci kotłów elektrycznych, gazowych lub olejowych; 3) powietrznych pomp ciepła zapewniających wstępny podgrzew wody użytkowej. Autorska koncepcja węzła cieplnego wymaga opracowania modeli matematycznych dla wybranych źródeł i zasobników ciepła oraz przeprowadzenia symulacji jego współpracy z siecią ciepłowniczą. Wymaga też opracowania odpowiednich algorytmów sterowania. Takie modele i algorytmy posłużą za narzędzie wspomagające modernizację już funkcjonujących węzłów cieplnych w budynkach użyteczności publicznej lub budynkach wielorodzinnych ogrzewanych z sieci ciepłowniczej.

W pracy omówiono także cele stawiane opracowywanej metodzie oraz narzędziom wspomagającym proces projektowania i optymalizacji instalacji wykorzystującej proponowany hybrydowy węzeł cieplny. Ponadto przedstawiono wyniki analiz dla jednego z modelowych przypadków, gdzie istotny był dobór szczytowego źródła ciepła w postaci kotła elektrycznego. Analizy wykonano dla budynku, którego zarządca planuje modernizację węzła sieci ciepłowniczej.

Porównanie strat ciśnienia przy zastosowaniu parametrów płynu newtonowskiego i nienewtonowskiego w przepływie przez kanał okrągły

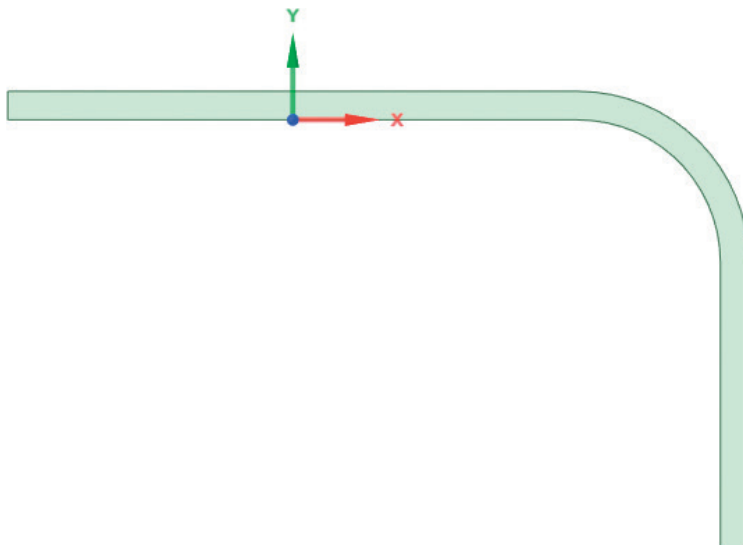
Aleksandra Nowakowska, Bartosz Ziegler

Politechnika Poznańska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, ul. Piotrowo 3, 61-138 Poznań

e-mail: aleksandra.pi.rosinska@doctorate.put.poznan.pl; bartosz.ziegler@put.poznan.pl

Słowa kluczowe: płyn nienewtonowski, obliczeniowa mechanika płynów, wodny roztwór karboksymetylocelulozy

W niniejszej pracy dokonano analizy porównawczej przepływu płynu newtonowskiego i nienewtonowskiego przez kanał okrągły. Oszacowano straty ciśnienia przy przepływie przez przeszkodę, jaką jest kształtka hydrauliczna (rys. 1). Straty te różnią się w zależności od stężenia przepływającego płynu oraz zastosowanej lepkości. Dla płynu o stałej lepkości zaobserwowano mniejsze straty energii, natomiast płyn, którego lepkość zmienia się na skutek zmiany szybkości ścinania, wykazuje straty większe.



Rys. 1. Geometria kształtki hydraulicznej

W przypadku płynów, które istotnie zmieniają zakres lepkości podczas przepływu, należy zwrócić uwagę na dostosowanie parametrów armatury użytej do celów technologicznych. Może to znacząco wpłynąć na obniżenie kosztów poniesionych na przetłoczenie medium.

Eksperymentalno-numeryczna analiza cyklu pracy systemu magazynowania ciepła w złożu skalnym

Jakub Ochmann, Łukasz Bartela

Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, ul. S. Konarskiego 18, 44-100 Gliwice

e-mail: jakub.ochmann@polsl.pl; lukasz.bartela@polsl.pl

Słowa kluczowe: magazynowanie ciepła, modelowanie numeryczne, analiza eksperymetalna

Magazynowanie ciepła jest procesem wskazywanym obecnie jako kluczowy dla zwiększania elastyczności krajowego systemu elektroenergetycznego, szczególnie z uwagi na potrzebę zwiększania w nim roli odnawialnych źródeł energii. Proponowane i stosowane zasobniki ciepła opierają się głównie na technologiach jednofazowych wykorzystujących wodę, oleje termalne czy stopione sole. Wodę jako nośnik ciepła użytkuje się powszechnie i z powodzeniem w ramach systemów ciepłowniczych. Olej termalny oraz stopione sole umożliwiają magazynowanie ciepła przy wyższych temperaturach, co jest wskazane w przypadku układów wykorzystujących koncentraty promieniowania słonecznego, jak również w ramach zyskujących popularność wielkoskalowych adiabatycznych systemów magazynowania energii w sprężonych gazach. Systemy takie coraz częściej proponowane są także jako elementy uelastyczniające konwencjonalne jednostki węglowe, jak również bloki jądrowe. Proces magazynowania ciepła może być też prowadzony z wykorzystaniem stałych złóż porowatych. Materiał akumulacyjny, który najczęściej stanowią materiały skalne lub ceramiczne, wymienia ciepło bezpośrednio z przepływającym przez zasobnik płynem. Dla wysokiej efektywności takich systemów ważne są zapewnianie minimalnych spadków ciśnienia nośnika wymieniającego ciepło z materiałem akumulacyjnym, jak również ograniczenie rozpraszania ciepła w ramach złoża.

Niniejsza praca prezentuje wyniki analizy eksperymetalno-numerycznej, której przedmiotem jest smukły zasobnik ciepła o wypełnieniu bazaltowym. Konstrukcja stanowiska laboratoryjnego umożliwiła dwukierunkowy przepływ powietrza. Autorski model numeryczny utworzony w programie MATLAB i zwalidowany na podstawie danych eksperymetalnych pozwala na przeprowadzenie wielowariantowych symulacji etapów ładowania, magazynowania ciepła i rozładowania zasobnika w stanie nieustalonym. Analizie poddano wpływ stopnia napełnienia zasobnika ciepła i wielkości strumienia masowego przepływu na długość okresu utrzymania wysokiej temperatury powietrza. Istotnym elementem analizy jest także konfiguracja wlotu i wylotu płynu z zasobnika ciepła.

Analiza pracy pośredniego propanowego układu chłodniczego wyposażonego w pętlę cyrkulacyjną z dwutlenkiem węgla

Mateusz Pawłowski, Jerzy Gagan

Politechnika Białostocka, Wydział Mechaniczny, ul. Wiejska 45 C, 15-351 Białystok

e-mail: m.pawlowski@pb.edu.pl; j.gagan@pb.edu.pl

Słowa kluczowe: pętla cyrkulacyjna, dwutlenek węgla, pośrednie układy chłodnicze, opory przepływu, przepływy dwufazowe

Jednym z głównych problemów badawczych w technice chłodniczej, klimatyzacyjnej i pomp ciepła jest zminimalizowanie negatywnego wpływu na środowisko naturalne urządzeń i płynów roboczych stosowanych w tych urządzeniach. Ten negatywny wpływ jest związany z bezpośrednią i pośrednią emisją szkodliwych dla środowiska substancji. Od 1 stycznia 2022 roku nie jest możliwe napełnianie urządzeń chłodniczych czynnikami, których wskaźnik GWP (*global warming potential*) jest większy bądź równy 150. Zapis ten dyskwalifikuje zarówno znaczną część czynników chłodniczych znanych od wielu lat, jak i większość nowych, których wskaźnik GWP przekracza wymaganą wartość. Z powyższych restrykcji wyłączony jest dwutlenek węgla, który dodatkowo ze względu na swoje właściwości umożliwia stosowanie różnych konfiguracji obiegów chłodniczych, co sprawia, że obecnie staje się jednym z atrakcyjniejszych czynników chłodniczych. Wyróżniają go przede wszystkim zerowy wskaźnik ODP (*ozone depletion potential*), znikomy GWP oraz niepalność i nietoksyczność, a jego neutralność wobec środowiska sprawia, że nie ma konieczności jego odzyskiwania w trakcie prac serwisowych.

Jedną ze wspomnianych powyżej konfiguracji jest pętla cyrkulacyjna. W zależności od zastosowania i konstrukcji może pracować z przepływem jedno- i dwufazowym. Przepływy dwufazowe charakteryzują się większą niestabilnością podczas procesów wrzenia i kondensacji z uwagi na znacznie większe fluktuacje parametrów. Niniejsze rozważania dotyczą dwufazowej pętli cyrkulacyjnej sprężonej z propanowym agregatem chłodniczym. Problem badawczy w zagadnieniach związanych z pracą pętli cyrkulacyjnej dwutlenku węgla z przemianą fazową stanowi utrzymanie stabilnej pracy. Praca takiego układu bez wymuszania obiegu jest uzależniona od szeregu parametrów termodynamicznych, geometrycznych i ciepło-przepływowych zarówno samego medium roboczego, jak i układu, w którym ten czynnik pracuje. Przepływ dwufazowy ciecz–gaz może przyjmować różne struktury przepływu, a więc określony osiowy i promieniowy rozkład koncentracji obu faz, w zależności od ilości płynu i gazu, jak również od parametrów geometrycznych przewodu.

W pracy zwrócono szczególną uwagę na opracowanie modelu analitycznego pozwalającego na określenie odpowiedniej wysokości słupa cieczy, umożliwiającej poprawną pracę zaprojektowanego systemu. Wykonano niezbędne obliczenia dwufazowych oporów przepływu w pętli cyrkulacyjnej. Po raz pierwszy przeanalizowano wpływ obciążenia cieplnego parownika (od 1 kW do 10 kW) na współczynnik efektywności energetycznej COP. Wykazano, że wraz ze wzrostem obciążenia współczynnik COP wyraźnie wzrasta. Wobec tego takie układy powinny być projektowane do pracy przy możliwie najwyższej wydajności chłodniczej. Przeprowadzono analizę dla trzech różnych temperatur parowania dwutlenku węgla (0°C, -10°C, -20°C). Najwyższy współczynnik COP uzyskano dla temperatury parowania wynoszącej 0°C.

On the Nusselt number correlation for weakly-magnetic fluids in the strong magnetic field: a numerical study

Łukasz Pleskacz, Elżbieta Fornalik-Wajs

AGH University of Krakow, Department of Fundamental Research in Energy Engineering, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

e-mail: pleskacz@agh.edu.pl, elzbieta.fornalik@agh.edu.pl

Keywords: magnetic Richardson number, forced convection, CFD, Nusselt number, dimensionless analysis

Heat transfer modification, caused by the strong magnetic field, has been reported since the 90s' of the previous century. The magnetic field is able to influence the momentum and heat transfer of the flow. Sufficient magnitude of the magnetic induction gradient can be a source of attractive or repulsive force acting on any kind of substance.

This work undertakes an issue of finding correlation between the average Nusselt number value and the values of dimensionless parameters (namely: Reynolds, Prandtl and magnetic Richardson numbers). The studied case was the modified Graetz problem that accounted an influence of the strong magnetic field on a weakly-magnetic fluids flow. The magnetic field source model (Matlab) was based on the real magnet and its magnetic induction distribution. The proposed mathematical and numerical models were non-dimensionalized. Computations were performed with the usage of Ansys Fluent software, supplemented with numerous user-defined functionalities.

The fluids were defined with the Prandtl number values in the range of $<0.7; 600>$. The flow regime remained laminar for all studied cases. The magnetic field influence was taken into account by placing an additional source term in the momentum conservation equation. Due to the non-dimensionalization this term could be expressed by the magnetic Richardson number and scaled magnetic field distribution. The dimensionless model provided a possibility of defining the studied cases with three dimensionless parameters. The value of average Nusselt number for each case was calculated and presented in the 3D diagram in dependence on analyzed dimensionless parameters.

Presented work extends the reported studies toward formulation of the Nusselt number correlation describing a thermal effect of the magnetic field incorporated in the flow system. It provides an overall perspective on coupling of the thermal, hydraulic and magnetic constraints.

Acknowledgement

Research project was supported by program "Excellence initiative – research university" for the AGH University of Science and Technology.

Analysis of the molten core cooling model in the LOCA-type accidents

Paulina Popielak, Izabela Majchrzak-Kuceba, Dariusz Wawrzyńczak

Politechnika Częstochowska, Wydział Infrastruktury i Środowiska, ul. Dąbrowskiego 73, 42-202 Częstochowa

e-mail: paulina.popielak@pcz.pl; izabela.majchrzak-kuceba@pcz.pl; dariusz.wawrzynczak@pcz.pl

Keywords: loss of coolant accident (LOCA), nuclear energy, corium cooling, ex-vessel core catcher system

The reactor pressure vessel (RPV) is one of the fundamental safety barriers. One of the strategies during severe accidents is to retain the molten core inside the RPV, with continuous cooling of the decay heat. On the other hand, if a breach of the RPV occurs, secure systems in operation are required to protect any molten core material that may leak out, especially during the so-called total loss-of-coolant accident (LOCA), which is the most serious event in the nuclear safety scale. Therefore, safety systems responsible for cooling the core of a nuclear reactor during an accident are key elements in ensuring safety and limiting the impact of these events.

Corium, or molten core material, is a heterogeneous material. Although it is possible to define the predominant materials in its mixture based on its fuel composition, the exact composition remains complex to determine. In the pressurized light water reactors (PWR) during LOCA event pressure can drop from approx. 15–17 MPa to atmospheric pressure, and the fuel rod's cladding temperature can extend 1000°C.

A case study of an ex-vessel core catcher system for PWR is performed in this study. The model of the core catcher system has been modelled in the Flownex Simulation Environment software. The main goal of this model is to provide the maximum possible emergency mitigation according to the fourth level of the Deep Defence Philosophy.

The model consists of a draining structure that captures the molten core material, which is then drained through a channel to the final disposal point. The drainage system and the final disposal point have passive heat removal systems, supplied with cooling water from the reactor's Emergency Cooling Systems tanks. Due to its additional cooling elements, the proposed system is an innovative solution.

Wpływ ciśnienia zredukowanego na wrzenie w przepływie niskowrzącego czynnika roboczego R1233zd(E)

Michał Pysz, Dariusz Mikielawicz

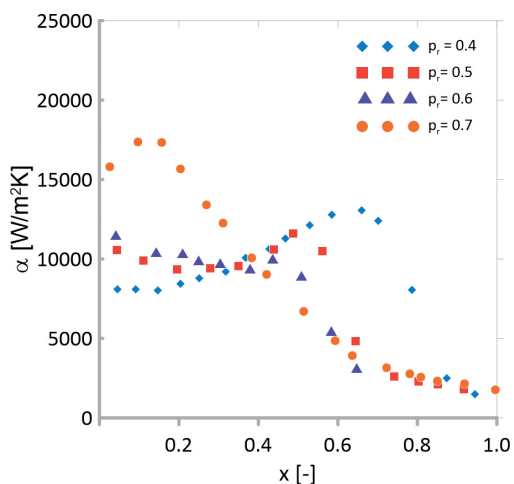
Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

e-mail: michal.pysz@pg.edu.pl; dariusz.mikielawicz@pg.edu.pl

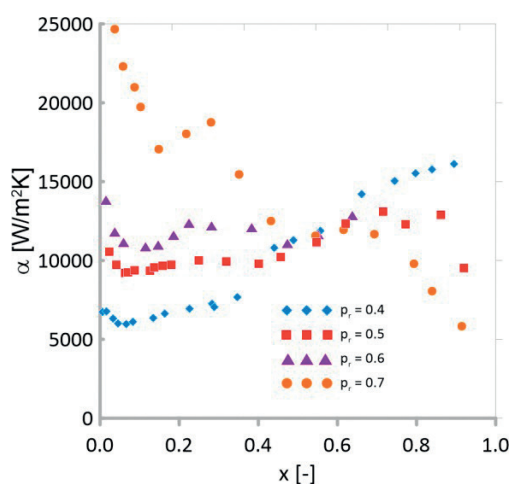
Słowa kluczowe: wrzenie w przepływie, ciśnienie zredukowane, minikanaly, czynniki niskowrzące

Wraz ze wzrostem ciśnienia roboczego, a tym samym wzrostem wartości ciśnienia zredukowanego, znacząco zmieniają się parametry termofizyczne płynów. W przypadku płynów niskowrzących większość do tej pory realizowanych badań dotyczyła stosunkowo niskich ciśnień zredukowanych ($p_{r1} < 0,2$). Taki stan spowodowany był dużym zapotrzebowaniem dla przemysłu chłodniczego oraz klimatyzacyjnego, w których temperatury robocze wahają się w zakresie od -20°C do 40°C . Układy wysokotemperaturowych pomp ciepła oraz układy ORC (ang. *organic Rankine cycle*) operują w obszarze znacznie wyższych temperatur, który dla wielu płynów pozostaje nieprzebadany. Założeniem niniejszej pracy było zbadanie czynnika R1233zd(E) w szerokim zakresie ciśnień zredukowanych (od 0,2 do 0,7) w celu identyfikacji trendów ciepłno-przepływowych towarzyszących ciśnieniom z tego zakresu.

W ramach realizowanej pracy przeprowadzono badania eksperymentalne podczas wrzenia w przepływie czynnika R1233zd(E) w pionowych kanałach o średnicach 2 i 3 mm. Analizie poddano współczynnik przejmowania ciepła, struktury przepływu oraz opory przepływu, a wyniki skorelowano pod kątem różnych wartości ciśnienia zredukowanego. Rys. 1, 2 przedstawiają wpływ ciśnienia zredukowanego na trendy wymiany ciepła dla dwóch różnych średnic wewnętrznych badanej rurki: 2 mm oraz 3 mm.



Rys. 1. Współczynnik wymiany ciepła w funkcji stopnia suchości pary dla rozważanych ciśnień zredukowanych: $d_h = 2$ mm; $G = 800$ kg/m²s; $q = 20$ kW/m²



Rys. 2. Współczynnik wymiany ciepła w funkcji stopnia suchości pary dla rozważanych ciśnień zredukowanych: $d_h = 3$ mm; $G = 800$ kg/m²s; $q = 20$ kW/m²

Analysis of heat transfer processes in the germicidal chamber subjected to light illumination

Piotr Radomski, Paweł Ziółkowski, Dariusz Mikielawicz

Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

e-mail: piotr.radomski@pg.edu.pl

Keywords: heat transfer, metallic nanoparticles, optimization processes, germs inactivation

This work aims to examine heat transfer in the germicidal chamber which is illuminated by light from various directions. Energy conversion occurs here thanks to the presence of metallic nanoparticles whose properties enable to reach higher temperature rapidly. Experiments are carried out on the water-filled resin chamber, which had been previously created using 3D-printers, and where the platforms with nanoparticles were attached to the chamber's walls.

Parallel, numerical simulations are run to confront the experimental results. The theoretical model has been being developed in the author's works, and assumes that the illuminated platform serves as a heat source governed by advanced nanooptics theories. As computing environments, Wolfram Mathematica software, version 13.1, is utilized to calculate analytically optical boundary conditions, and subsequently Fluent program, version 22.1, to gain the temperature contours.

First results have revealed circa 30°C increase for the case where 0.8-W lasers are applied. However, to increase the average temperature in the system, some manipulations or modifications in either lamp's position or chamber's dimensions should be considered. In further context, the obtained results may be useful for water disinfection as a result of the photothermoablation processes. Moreover, this research shall assist the proposed numerical model be validated on the basis of the carried out experiments.

Acknowledgement

The article was supported by the National Science Centre, Poland, under research project "Shape and displacement optimization of gold nanorods in the killing chamber in order to photothermoablation processes", no. UMO-2021/43/D/ST8/02504.

Computations were carried out using the computers of Centre of Informatics Tricity Academic Supercomputer & Network (CI TASK).

Generowanie składów zgazowywanych osadów ściekowych metodą Monte Carlo dla elektrowni z oksyspalaniem

Kamil Stasiak, Paweł Ziółkowski, Dariusz Mikielwicz

Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

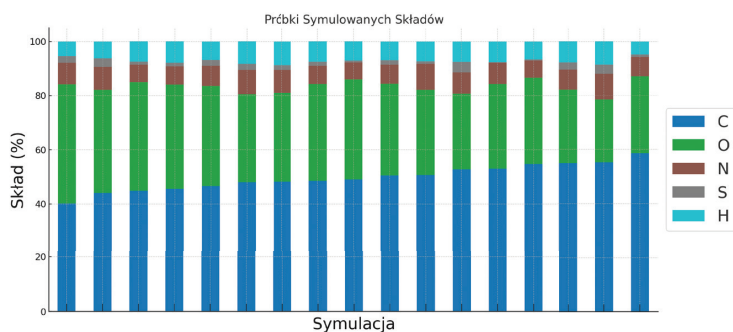
e-mail: kamil.stasiak@pg.edu.pl; pawel.ziolkowski1@pg.edu.pl; dariusz.mikielwicz@pg.edu.pl

Słowa kluczowe: syngaz, osad ściekowy, Monte Carlo, mokre spalanie tlenowe, nCO_2PP

W niniejszej pracy zastosowano metodę Monte Carlo do wygenerowania zakresu możliwych składów osadu ściekowego na podstawie referencyjnych danych eksperymentalnych z literatury. Metoda Monte Carlo, pierwotnie opracowana przez polskiego matematyka Stanisława Ulama, umożliwia wygenerowanie dużej liczby próbek na podstawie rozkładu normalnego, w tym przypadku składów osadów ściekowych na bazie danych eksperymentalnych o rozkładzie normalnym. Metoda ta różni się od metod interpolacji wykorzystaniem losowości oraz średniej i odchylenia standardowego, co pozwala uzyskać bardziej realne i pełne wyniki.

Otrzymane masowe składki pierwiastkowe osadów ściekowych: C, O, N, S, H (rys. 1) poddano symulacji zgazowania w reaktorze równowagowym w programie Aspen Plus, otrzymując zróżnicowane składy syngazów, uwzględniając różne temperatury zgazowania oraz możliwości reaktora. Następnie na przykładzie elektrowni gazowej o ujemnym bilansie CO_2 otrzymane składy syngazów wykorzystano do zamodelowania różnych scenariuszy stechiometrycznego spalania tlenowego w mokrej komorze oksyspalania z wtryskiem wody do obszaru płomienia, otrzymując parogaz. Oksyspalanie to etap procesu wychwytu CO_2 , który umożliwia mechaniczną separację CO_2 z parogazowych spalin w procesie wykrapalania pary. Natomiast dodanie wody do komory spalania pozwala na utrzymanie temperatury spalin wylotowych niższej niż temperatura oksyspalania stechiometrycznego, wymaganej przez turbinę gazową.

Najważniejszym osiągnięciem tej pracy jest opracowanie pierwszego w literaturze ustandaryzowanego zakresu składu osadów ściekowych wygenerowanego na podstawie danych referencyjnych z literatury. Wyniki te mają znaczenie w projektowaniu i optymalizacji procesów spalania i zgazowywania.



Rys. 1. Losowo wygenerowane metodą Monte Carlo masowe składki suchych osadów ściekowych bez popiołu

Analysis of CO₂ capture in large-scale CCGT power plant using flue gases from fuel mixtures

Navaneethan Subramanian, Paweł Madejski

AGH University of Science and Technology, Faculty of Mechanical Engineering and Robotics, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

e-mail: subraman@agh.edu.pl

Keywords: CO₂ capture, post-combustion carbon capture, CCGT, syngas, zero emission

According to the recent Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) report, Bioenergy with Carbon Capture and Storage (BECCS) is accepted as one of the pathways to limit the raising global temperature to 1.5°C. The large-scale deployment of BECCS makes it possible to mitigate climate change and achieve negative carbon dioxide (CO₂) emissions. Using syngas obtained from biomass as a primary or secondary gas fuel in a Combined Cycle Gas Turbine (CCGT) power plant can improve efficiency with reducing environmental impacts.

In this study, the thermodynamic analysis of CCGT integrated with post-combustion carbon capture (PCCS) using the solvent method is performed. The syngas obtained from the gasification of sewage sludge is mixed with methane and N₂-rich fuel at different proportions, used in the gas turbine of the CCGT, and the properties of fuel and flue gases are analyzed. The flue gas obtained from the fuel mixture is passed through the PCCS at various load conditions to assess the heat and electricity required for the carbon capture process. The PCCS is designed in a way to capture 90% of CO₂ from flue gas. With the calculated results, the load conditions of flue gas using fuel mixtures are identified, which reduces the heat and power demand of PCCS and provides the possibility to achieve neutral emission. The impact of selected operating conditions of PCCS on the CO₂ emission reduction during capture process are investigated.

Acknowledgement

The research leading to these results has received funding from the Norway Grants 2014–2021 via the National Centre for Research and Development. Work has been prepared within the frame of the project: “Negative CO₂ emission gas power plant” – NOR/POLNORCCS/NEGATIVE-CO₂-2-PP/0009/2019-00 which is co-financed by program “Applied research” under the Norwegian Financial Mechanisms 2014–2021 POLNORCCS 2019 – Development of CO₂ capture solutions integrated in power and industry processes.

Zastosowanie olejów pirolitycznych w turbinach gazowych: analiza charakterystyk pracy i emisji

Tomasz Suchocki, Piotr Lampart

Instytut Maszyn Przepływowych PAN, ul. gen. J. Fiszer 14, 80-231 Gdańsk

e-mail: tsuchocki@imp.gda.pl

Słowa kluczowe: turbina gazowa, piroliza, emisja, olej pirolityczny, polipropylen

Recykling chemiczny i produkcja wysokiej jakości paliw są atrakcyjnymi rozwiązaniami pozwalającymi rozwiązać problem gwałtownego wzrostu ilości odpadów polimerowych i ich utylizacji. W pracy zbadano przede wszystkim proces pirolizy odpadów z tworzyw sztucznych, takich jak polipropylen, a także przeanalizowano parametry fizykochemiczne otrzymanego oleju pirolitycznego. Ustalono, że oleje pirolityczne z tych odpadów po wymieszaniu z naftą lotniczą Jet A-1 mogą służyć jako paliwo dla silnika turbiny gazowej. Celem prowadzonych badań było określenie wpływu składu tego rodzaju mieszanki na charakterystyki pracy i parametry emisyjne mikroturbiny gazowej Jetpol GTM140.

Wyniki wykazały, że wszystkie badane oleje z pirolizy odpadów tworzyw sztucznych miały tendencję do zwiększania emisji NO_x (średni wzrost o 26%). Emisja CO była porównywalna z paliwem referencyjnym. Dodatkowo zauważono, że zwiększenie udziału PPO w mieszankach prowadziło do wzrostu temperatury spalin (średni wzrost o 8,7%). Efektywność paliwowa silnika odrzutowego, mierzona jako jednostkowe zużycie paliwa (TSFC), zmniejszyła się średnio o 13,8%. W ostatnich latach przeprowadzono szereg badań nad zastosowaniem olejów pirolitycznych jako paliw, szczególnie w silnikach wysokoprężnych. Oleje uzyskane z pirolizy odpadów tworzyw sztucznych (ang. *waste plastic pyrolysis oil*, WPPPO) wykazywały się zadowalającymi parametrami oraz wysoką efektywnością w silnikach z zapłonem samoczynnym. W literaturze dostępne są liczne dane dotyczące wyników silników wysokoprężnych zasilanych mieszaninami oleju z pirolizy odpadów tworzyw sztucznych i oleju napędowego, a także informacje na temat emisji szkodliwych substancji spalinowych. Wyniki sugerują, że emisja CO, NO_x i UHC z reguły wzrasta wraz ze zwiększeniem zawartości oleju z tworzyw sztucznych w oleju napędowym. Niemniej zanotowano także sytuacje, w których emisja CO i NO_x spadała. Podczas przeglądu literatury stwierdzono brak prac badawczych na temat spalania paliw zawierających odpadowy olej pirolityczny z tworzyw sztucznych w turbinach gazowych.

Ocena wpływu zastosowania techniki strugowej na wydajność energetyczną modułów BIPV/T chłodzonych powietrzem

Jan Wajs, Jakub Łukasik

Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

e-mail: jan.wajs@pg.edu.pl; jakub.lukasik@pg.edu.pl

Słowa kluczowe: struga uderzająca, *building-integrated photovoltaic/thermal (BIPV/T)*, analiza energetyczna, symulacje numeryczne, dachówka fotowoltaiczna

Praca została poświęcona problematyce chłodzenia hybrydowych modułów fotowoltaicznych przeznaczonych do układów *building-integrated photovoltaic/thermal (BIPV/T)*. Uwagę skupiono na chłodzeniu powietrznym dachówki fotowoltaicznej, rozważając technikę strugową, w której intensyfikację wymiany ciepła zapewniają strugi płynu uderzające w przegrodę wymiany ciepła.

W literaturze dostępne są informacje na temat stosowania techniki strugowej w powietrznych kolektorach słonecznych. Uzyskuje się przez to wzrost efektywności podgrzewu powietrza. Tylko nieliczne opracowania dotyczą aplikacji tej techniki w celu intensyfikacji odbioru ciepła z modułów fotowoltaicznych chłodzonych powietrzem. Łukę w tym zakresie potwierdzają między innymi Ewe i in. (2022) w przeglądowym artykule poświęconym wykorzystaniu techniki strugowej w energetyce słonecznej.

W ramach prac własnych dokonano oceny wpływu wybranych konfiguracji układu chłodzenia z techniką strugową na parametry energetyczne modułu fotowoltaicznego w postaci dachówki. Analizy przeprowadzono numerycznie dla natężenia promieniowania słonecznego wynoszącego 1000 W/m^2 i zakresu liczby Reynoldsa $5000\text{--}25\,000$ w przepływie powietrza chłodzącego. Obliczenia cieplno-przepływowe wykonano w środowisku Ansys i oprogramowaniu Fluent.

Innowacyjnym aspektem prezentowanej pracy jest przeprowadzenie badań numerycznych w poszukiwaniu możliwości zwiększenia potencjału odzysku ciepła z hybrydowego modułu fotowoltaicznego. Implikuje to równoczesny wzrost generowanej przez niego mocy, zgodnie z teorią temperaturowego współczynnika mocy maksymalnej. Opracowany model numeryczny umożliwił analizę szeregu wariantów układu chłodzenia z techniką strugową, różniących się geometrią dysz. Uzyskane wyniki odniesiono do wariantu referencyjnego, w którym powietrze swobodnie przepływa przez kanał, omywając tylną ścianę modułu. Wskazano kierunek dalszych prac nad poprawą kogeneracyjnej sprawności układów BIPV/T.

Indeks autorów

A

Abucewicz Krzysztof 108
Adamczyk Wojciech 35, 43, 84, 93, 96, 97
Albiniak Maria 59
Andrzejczyk Rafał 125, 126
Antonowicz Arkadiusz 44
Arora Amit 87
Avitabile Arianna 30

B

Badyda Krzysztof 45
Banaś Marian 79
Bańkowski Michał 46
Baranowski Marcin 87
Barnat Ewelina 98
Bartela Łukasz 60, 83, 143
Bartyzel Filip 47
Białecki Ryszard 35, 84
de Biase Daniela 30
Björgen Karl 43
Blom Richard 120
Błaszczuk Artur 48
Boczkowska Anna 53
Bodys Jakub 102
Bohdal Tadeusz 34
Borcuch Marcin 49, 62, 63, 64
Boroń Paulina 108
Borowska Anna 136
Borys Damian 84
Brodzik Łukasz 50
Budnik Michał 96
Buliński Zbigniew 95, 104
Bury Tomasz 51
Buszman Piotr 93
Butrymowicz Dariusz 19, 57

C

Cebula Artur 120
Chliszcz Katarzyna 137
Chmielarczyk Kamil 127

Chmielarek Michał 23
Chmielniak Tadeusz 20
Chrobak Jakub 102
Chwieduk Dorota 52
Cieślakiewicz Łukasz 53, 113, 129
Cieśliński Janusz T. 56
Ciupek Bartosz 54
Cyklis Piotr 21, 62, 63, 64
Czarnowska Lucyna 96
Czerep Michał 87

D

Dadas Norbert 67, 128
Damasiewicz Mariusz 72
De Sio Luciano 30, 36, 75, 91, 121
Dietrich Fabian 53, 129
Domański Roman 22
Duda Piotr 130
Durałek Paweł 53
Dutkowski Krzysztof 55
Dzienis Paweł 92
Dzierwa Piotr 106

E

Emberson David 43

F

Fabrykiewicz Maciej 56
Fornalik-Wajs Elżbieta 94, 132, 139, 145
Furmański Piotr 140

G

Gagan Jerzy 57, 144
Gajek Marcin 69
Galant-Gołębiewska Marta 58
Galiński Rafał 112
Gałek Rafał 115
Gładysz Paweł 82
Głowacki Jan 84
Głuch Stanisław 131
Gnatowski Adam 69
Golda Adam 35
Gołębiewski Michał 58
Górski Grzegorz 92

Grabowski Mirosław 86
Gracka Maria 84
Granda Mariusz 106
Grądział Sławomir 120
Grzebielec Andrzej 59
Grzybowski Hubert 92
Gurgul Sebastian 132

H

Haida Michał 102
Hałon Tomasz 134
Hanuszkiewicz-Drapała Małgorzata 51
Harutyunyan Artur 45
Homa Dorota 60
Hożejowska Sylwia 61, 86

J

Jagodzik Szymon 48
Jakończuk Paweł 133
Janas Adam 93
Janusz Szymon 62, 63, 64
Jasiukiewicz Piotr 109
Jaworski Maciej 39
Jerzak Wojciech 65, 80
Jędrzejewski Julian 76
Juszczak Jan 35

K

Kaczmarek Dominika 134
Kaczmarski Karol 106
Kaniowski Robert 66, 67, 128
Karch Michał 78
Kardaś Dariusz 32, 68, 105, 110, 111
Kettunen Ari 96
Khaja Moizuddin S. 135
Kijo-Kleczkowska Agnieszka 69
Kindracki Jan 23, 70
Klajny Marcin 96
Klimanek Adam 96
Klugmann-Radziemska Ewa 71
Knaś Krzysztof 69
Kobyłecki Rafał 72, 119
Kochanowska Martyna 55
Kolański Piotr 73

Kołodziej Maciej 23
Konieczny Mariusz 130
Kosman Wojciech 60, 74
Kotowicz Janusz 24
Koulali Aimad 75
Kowal Mateusz 87
Kozak-Jagiela Ewa 120
Kościński Janusz 80
Kozłowska Sylwia 23
Krochmalny Krystian 87
Kruzel Marcin 55
Kuczyński Waldemar 136, 137
Kujawa Tomasz 116
Kuś Tomasz 138
Kwapisz Elżbieta 139

L

Lampart Piotr 151
Laszkowski Tomasz 109
Latko-Durałek Paulina 53
Lepszy Sebastian 76
Lewandowski Michał 43
Ligus Grzegorz 34
Løvås Terese 43

Ł

Łapka Piotr 53, 112, 113, 129
Łukasik Jakub 152
Łukasik Karolina 93
Łukaszuk Michał 57
Łukowicz Henryk 83

M

Maciejewska Beata 77
Madej Marek 57
Madejski Paweł 78, 79, 138, 150
Magdziarz Aneta 65, 80
Majchrzak-Kućęba Izabela 146
Majorkowska-Mech Dorota 122
Makowski Łukasz 44
Mastrowski Mikołaj 57
Matysko Robert 81
Melka Bartłomiej 35, 84, 96, 102
Mesek Mateusz 35

- Mężyk Łukasz 23
 Mikielwicz Dariusz 3, 5, 6, 7, 8, 25, 26, 75, 90, 91, 121, 131, 135, 147, 148, 149
 Mikielwicz Jarosław 26
 Mikos-Nuszkiewicz Natalia 113, 140
 Milewski Jarosław 118
 Mlonka-Mędrala Agata 80
 Młynarczyk Przemysław 127
 Morkisz Paweł 96
 Mosdorf Romuald 27, 92
 Mrózek Michał 109, 141
 Mumtaz Hamza 100
 Muzyka Roksana 100
 Myöhänen Kari 96
- N**
- Nadimi Ebrahim 43
 Niedźwiecki Łukasz 87
 Nord Lars O. 120
 Nowak Andrzej J. 96, 102
 Nowakowska Aleksandra 142
 Nowak Wojciech 82
 Nowok Michał 35
- O**
- Ochmann Jakub 83, 143
 Ocloń Paweł 47
 Ostrowski Ziemowit 28, 35, 84, 96
 Ostrycharczyk Michał 87
- P**
- Palacz Michał 102
 Panas Andrzej 29
 Panowski Marcin 85
 Pasternak Michał 43
 Pastuszko Robert 67, 128
 Pawińska Anna 86
 Pawlak-Kruczek Halina 87
 Pawluczuk Andrzej 57
 Pawłowski Adam 120
 Pawłowski Mateusz 144
 Peczkis Grzegorz 43
 Petela Karolina 43
 Petronella Francesca 30, 121
- Piasecka Magdalena 31, 61, 77, 88
 Piątkowski Piotr 89
 Piechnik Edyta 102
 Pięta Kamil 49
 Pleskacz Łukasz 145
 Polesek-Karczewska Sylwia 32, 68
 Poniewski Mieczysław E 86
 Popielak Paulina 146
 Proniewicz Mateusz 43
 Przybyła Grzegorz 43, 97
 Psiuk-Maksymowicz Krzysztof 84
 Pysz Michał 90, 147
- R**
- Radomski Piotr 75, 91, 121, 148
 Rafałko Gabriela 27, 92
 Remiorz Leszek 20
 Rerak Monika 120
 Revellin Rémi 90
 Ritvanen Jouni 96
 Rogowski Michał 125
 Rojczyk Marek 35, 84, 93
 Roszko Aleksandra 94
 Różycki Sławomir 79
 Rulik Sebastian 76
 Rulliere Romuald 90
 Rusanov Andrij 68
 Rusanov Roman 68
 Rutczyk Bartłomiej 43, 95, 104
 Rybiński Witold 107
 Ryfa Arkadiusz 33, 96
 Rynkun Michał 59
- S**
- Sachajdak Andrzej 43, 97
 Sajdak Marcin 100
 Sałasińska Kamila 53
 Saqib Muhammad 126
 Sekret Robert 98
 Semkło Łukasz 99
 Sforza Maria Laura 30
 Siatkowski Stanisław 70
 Sikora Małgorzata 34
 Sinek Aleksander 35, 93

Skjervold Vidar T. 120
Sładek Sławomir 96
Smolka Jacek 102
Sobek Szymon 100
Sowiński Filip 59
Stasiak Kamil 149
Stąsiek Jan 101
Stebel Michał 102
Strąk Kinga 88
Strzygocki Kacper 109
Sturdy Jacob 35
Subramanian Navaneethan 79, 150
Suchocki Tomasz 151
Surma Maciej 102
Szaflik Władysław 103
Szczygieł Ireneusz 95, 104
Szelągowski Adam 59
Szłęk Andrzej 37
Szmyd Janusz S. 38
Szumera Magdalena 69
Szykowska Kamila 24
Szymborski Jakub 105

Ś

Śmierciew Kamil 57, 133

T

Taler Dawid 106
Taler Jan 106
Tkaczuk Monika 87
Tolstorebrov Ignat 102
Trojan Marcin 106
Turlej Tymoteusz 79
Turzyński Tomasz 68
Tychanicz-Kwiecień Maria 107

V

Vishwajeet 87

W

Wacko Krzysztof 23, 70
Wajs Jan 44, 108, 109, 141, 152
Wantuła Michał 110
Wardach-Święcicka Izabela 68, 111

Wasik Michał 112
Wasilewski Jarosław 84
Wawrzyńczak Dariusz 146
Wendołowicz Mateusz 113
Werle Sebastian 100, 114
Węglewska Emilia 109
Widuch Agata 96
Wilk Joanna 115
Wiński Mateusz 119
Wiśniewski Sławomir 46, 116
Wiśniewski Tomasz S. 39
Witanowski Łukasz 117
Witczak Stanisław 34
Wolak Wojciech 61
Wolański Piotr W. 40
Wołowicz Marcin 45
Woźniak Przemysław 23
Wójcik Dariusz 102

Z

Zaborowska Iwona 27
Zaccagnini Federica 30, 121
Zahadat Pouya 118
Zaik Karolina 114
Zajączkowski Bartosz 134
Zarzycki Robert 72, 119
Ziegler Bartosz 142
Zieliński Jacek 75, 121
Zima Wiesław 120
Ziółkowski Paweł 5, 6, 7, 8, 75, 91, 121, 148, 149
Zwarycz-Makles Katarzyna 122