

STRESZCZENIA

Sergei BOSIAKOV<sup>1</sup>  
Anastasiya VINAURAVA<sup>2</sup>  
Andrei DOSTA<sup>3</sup>

## DEFORMATIONS AT THE CRANIOFACIAL COMPLEX DEPENDING ON THE HYRAX DEVICE DESIGN

Finite element analysis of the stress-strain state of a human skull after the expansion of the maxilla with using different designs orthodontic appliance HYRAX was carried out. Finite element model of craniofacial complex and supporting teeth are obtained on the basis of tomographic data. An orthodontic appliance differs by the localization of the screw relative to the palate. The design with location of the rods and screw of device in the same horizontal plane as well as the design with the location of the screw at the 8 mm closer to the palate relative to the horizontal localization are considered. Deformations at the intact skull and a skull with a cleft palate were derived. The regions of the largest deformations of the skull bone structures are defined for different orthodontic device designs. Effect of the orthodontic device design on displacements of the supporting teeth is analyzed. The results can be used to design devices HYRAX for the orthodontic correction and treatment of the cross-bite patients.

**Keywords:** intact skull, palate cleft, HYRAX device, stress-strain state

## WPLYW RODZAJU APARATU HYRAX NA ODKSZTAŁCENIA ZESPOŁU CZASZKOWO-TWARZOWEGO

### Streszczenie

Analizę stanu naprężeń oraz odkształceń ludzkiej czaszki po rozszczepie szczęki górnej za pomocą różnych aparatów ortodontycznych wykonano za pomocą metody elementów skończonych. Model numeryczny MES zespołu twarzowo-czaszkowego oraz zębów podporowych uzyskano na podstawie danych tomograficznych. Przyrządy ortodontyczne różnią się lokalizacją śruby względem podniebienia. Uwzględniano konstrukcję złożoną z prętów i śrub w tej samej płaszczyźnie poziomej oraz konstrukcję ze śrubą zlokalizowaną 8 mm bliżej podniebienia względem lokalizacji poziomej. Otrzymano odkształcenia w nienaruszonej czaszce oraz w czaszce z rozszczepieniem podniebienia. Miejsca największych odkształceń struktury kości czaszki zdefiniowano dla różnych projektów aparatów ortodontycznych. Analizowano wpływ konstrukcji aparatu ortodontycznego na przemieszczenia zębów podporowych. Wyniki mogą być wykorzystane w projektowaniu aparatów HYRAX do ortodontycznej korekcji i w leczeniu pacjentów ze zgrzysem krzyżowym.

**Słowa kluczowe:** czaszka nienaruszona, rozszczep podniebienia, aparat HYRAX, stan naprężeniowo-odkształceniowy

DOI: 10.7862/rm.2015.1

*Otrzymano/received: 10.12.2014 r.*

*Zaakceptowano/accepted: 12.03.2015 r.*

<sup>1</sup> Autor do korespondencji/corresponding author: Sergei Bosiakov, Belarusian State University, 4 Nezavisimosti Avenue, 220030 Minsk, Belarus, tel.: (+375) 172095345, e-mail: bosiakov @bsu.by

<sup>2</sup> Anastasiya Vinakurava, Rzeszow University of Technology, e-mail: vinakurava@prz.edu.pl

<sup>3</sup> Andrei Dosta, Belarusian State Medical University, e-mail: dostastom75@mail.ru

## AMINIATURE ON-BOARD DATA RECORDER FOR UNMANNED PLATFORM

The article presents the miniature CAN recorder. Thanks to its small dimensions, being easy to use and able to cooperate with programs such as Matlab, the recorder proves to be an universal and indispensable tool when examining devices in which the essential communication between elements is based on the CAN bus. The example of such a device is UAV platform. The article also provides a short description of the CAN bus and CANaerospace protocol.

**Keywords:** data recorder, CAN, CANaerospace, UAV

## MINIATUROWY POKŁADOWY REJESTRATOR DANYCH DLA PLATFORM BEZZAŁOGOWYCH

### Streszczenie

W artykule przedstawiono miniaturowy rejestrator CAN. Jego niewielkie wymiary, łatwość obsługi oraz przygotowanie do współpracy z programami, takimi jak Matlab czyni z niego uniwersalne i nieocenione narzędzie w pracy badawczej nad urządzeniami, w których podstawowa komunikacja pomiędzy elementami wyposażenia opiera się na magistrali CAN. Przykładem takiego urządzenia jest platforma UAV. Artykuł zawiera też krótki opis magistrali CAN oraz protokołu CANaerospace.

**Słowa kluczowe:** rejestrator danych, CAN, CANaerospace, UAV

DOI: 10.7862/rm.2015.2

*Otrzymano/received: 14.11.2014 r.*

*Zaakceptowano/accepted: 12.03.2015 r.*

---

<sup>1</sup> Autor do korespondencji/corresponding author: Marcin Dereń, Eurotech Sp. z o.o., 3 Wojska Polskiego Street, 39-300 Mielec, Poland, tel.: (17) 7887760, e-mail: m.deren@eurotech.com.pl

## THE USE OF SPIRAL HEAT EXCHANGERS IN THE ORC DOMESTIC SYSTEMS

One of the problems encountered while designing the ORC systems is the proper selection of the heat exchangers which depends on many factors. Frequently the shell-tube and plate heat exchangers are mainly used in ORC systems. They can be characterized by low ratio of heat flow to heat transfer surface. It influences the size of the heat exchangers, and furthermore, the amount of the material used and the whole installation expense. Interesting alternative for the currently applied heat exchangers might be Rosenblad's Spiral Heat Exchangers (SHE). What makes this construction so particular is the relatively high ratio of the heat flow to the heat transfer surface. The new design approach dedicated to the Rosenblad's SHE is presented in this article. The formulated method was applied to the calculations of the Rosenblad's SHE, which serves as evaporator in the prototype ORC system. The results of the analysis show that the Rosenblad's SHE is an interesting alternative to other types of the heat exchangers applied presently to the ORC systems. Their application creates a possibility of the reduction of size of the installation, as well as, its expenses.

**Keywords:** spiral heat exchangers, design, ORC, Rosenblad

## WYKORZYSTANIE SPIRALNYCH WYMIENNIKÓW CIEPŁA W DOMOWYCH UKŁADACH ORC

### Streszczenie

Jednym z problemów występujących podczas projektowania układów ORC jest właściwy wybór wymienników ciepła. Najczęściej stosowanymi rozwiązaniami są wymienniki płaszczowo-rurowe oraz płytowe. Urządzenia te wyróżnia niski współczynnik powierzchni wymiany ciepła do ich objętości. Interesującą alternatywą dla tych konstrukcji mogą być spiralne wymienniki ciepła Rosenblada. Ich konstrukcja zapewnia względnie wysoki wskaźnik przepływu ciepła w odniesieniu do powierzchni wymiany ciepła. Praca prezentuje nową metodę obliczeniową, która jest wykorzystana do projektowania wymienników spiralnych Rosenblada. Opracowana metoda została zastosowana do obliczeń spiralnych wymienników ciepła Rosenblada, które służą jako parowniki prototypowego układu ORC. Na podstawie wyników badań można stwierdzić, że spiralne wymienniki ciepła Rosenblada są interesującą alternatywą dla innych typów wymienników ciepła stosowanych obecnie w układach ORC. Ich zastosowanie stwarza możliwość zmniejszenia rozmiaru instalacji oraz jej kosztu.

**Słowa kluczowe:** spiralne wymienniki ciepła, projektowanie, ORC, Rosenblad

DOI: 10.7862/rm.2015.3

*Otrzymano/received: 15.09.2014 r.*

*Zaakceptowano/accepted: 12.03.2015 r.*

---

<sup>5</sup> Autor do korespondencji/corresponding author: Piotr Kolasinski, Wrocław University of Technology, 27 Wybrzeże Wyspiańskiego Street, 50-370 Wrocław, Poland, tel.: (71) 3202325, e-mail: piotr.kolasinski@pwr.edu.pl

<sup>6</sup> Zbigniew Rogala, Wrocław University of Technology, e-mail: zbigniew.rogala@pwr.edu.pl

## **BADANIA DOŚWIADCZALNE SUSZARNI SŁONECZNEJ OSADÓW ŚCIEKOWYCH – SZYBKOŚĆ SUSZENIA W FUNKCJI PARAMETRÓW WENTYLACJI**

Suszarnie słoneczne osadów ściekowych stają się coraz popularniejszym rozwiązaniem stosowanym w małych i średnich oczyszczalniach ścieków jako element ich gospodarki osadowej. Pomimo tej coraz większej popularności, nie-liczne są w literaturze prace opisujące procesy cieplno-przepływowe zachodzące w tego typu obiektach. Brakuje również zaleceń konstrukcyjnych oraz eksploatacyjnych dotyczących budowy suszarni słonecznych osadów. Jest to związane z bardzo wąskim gronem producentów, a także ze specyfiką tego typu obiektów, przejawiającą się dużym uzależnieniem od lokalnych uwarunkowań. W artykule wykorzystano podejście opierające się na pojęciu potencjału suszarniczego powietrza wentylacyjnego do analizy parametrów pracy suszarni słonecznej osadów. Wyznaczono m.in. zależności na szybkość suszenia w funkcji temperatury i wilgotności powietrza wentylacyjnego. Podstawę prowadzonych analiz stanowiły dane doświadczalne zebrane w czasie eksploatacji badawczej suszarni słonecznej osadów ściekowych zlokalizowanej w oczyszczalni w Skarżysku-Kamiennej.

**Słowa kluczowe:** słoneczne suszenie osadów, szybkość suszenia, badania doświadczalne suszarni słonecznej

## **EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF SOLAR SEWAGE SLUDGE DRYER – EVAPORATION RATE AS A FUNCTION OF VENTILATION PARAMETERS**

### **S u m m a r y**

Solar sewage sludge dryers are becoming increasingly popular solution used in small and medium-sized sewage treatment plants as part of their sludge management. Despite their growing popularity, there are few works in the literature concerning the description of thermal and flow processes occurring in this type of facilities. There is also lack of design and operational recommendations for the construction of solar drying of sludge. It is associated with a very small group of producers as well as their high dependence on local conditions. The article uses an approach based on the concept of ventilation air drying potential, for the analysis of dryer work – prediction of evaporation rate as a function of the temperature and humidity of the ventilation air. The analyzes were based on experimental data collected during the test operation of solar drying of sewage sludge located in Skarżysko-Kamienna (Poland).

**Keywords:** solar drying of sludge, drying rate, experimental studies of solar dryer

DOI: 10.7862/rm.2015.4

*Otrzymano/received: 14.09.2014 r.*

*Zaakceptowano/accepted: 20.02.2015 r.*

---

<sup>7</sup> Autor do korespondencji/corresponding author: Piotr Krawczyk, Politechnika Warszawska, ul. Nowowiejska 21/25, 00-665 Warszawa, Polska, tel.: (22) 2345299, e-mail: piotr.krawczyk@itc.pw.edu.pl

## WYZNACZANIE SPADKU CIŚNIENIA W PAROWNIKU KOTŁA Z NATURALNYM OBIEGIEM WODY

W wielu procesach przemysłowych występują dwie fazy przepływu. W przemyśle energetycznym faza zmiany procesu (wrzenie, kondensacja) zachodzi najczęściej w parowniku i kondensatorze. Na dwie fazy przepływu wpływa wiele zjawisk, takich jak różna struktura przepływu, określony kształt bąbli i kropli itd. Można zatem stosować różne podejścia do określania spadku ciśnienia dla przepływu dwufazowego. Podczas modelowania zjawiska przepływu dwufazowego muszą być rozważane trzy zjawiska charakteryzujące spadek ciśnienia: spadek ciśnienia statycznego, pędu oraz spadek ciśnienia związany z tarciami. W artykule porównano następujące modele tarcioowego spadku ciśnienia: homogeniczny model przepływu, modele Lockharta-Martinello, Friedela, Chisholma oraz graficzną metodę Martinello-Nelsona. Przedstawionych modeli matematycznych użyto do obliczenia spadku ciśnienia w parowniku kotła OP-210. Na podstawie pomiarów obliczono dla tych modeli strumień ciepła. Stwierdzono, że spadek ciśnienia tarcioowego otrzymany na podstawie przedstawionych modeli ma zbliżoną wartość. Udział strat tarcia w całkowitym spadku ciśnienia jest niewielki. Można to wytłumaczyć niską jakością pary (poniżej 0,1), podczas gdy przepływ dwufazowy występuje w pionowych rurach parownika.

**Słowa kluczowe:** spadek ciśnienia, przepływ dwufazowy, parownik, kocioł energetyczny

## DETERMINATION OF PRESSURE DROP IN EVAPORATOR OF NATURAL CIRCULATION POWER BOILERS

### Summary

Two-phase flow occurs in many industrial processes. In power engineering equipment, the phase change process (boiling, condensation) takes place mostly in power boilers evaporator and a condenser. Two-phase flow is affected by many phenomena, like different flow patterns, specific shape of bubbles and droplets, interphase slip, etc. Therefore different approaches in determining the pressure drop for two-phase flow can be applied. The three methods for determining pressure drop must be considered when modeling the two-phase flow phenomena: the static, the momentum and the frictional pressure drops. This paper compares the following models of frictional pressure drop: homogeneous flow model, Lockhart-Martinelli, Friedel and Chisholm models, and Martinelli-Nelson graphical method. Presented mathematical models are used to calculate pressure drop in the evaporator of OP-210 power boiler for which the heat flux was evaluated from measurements. The comparison shows, that the frictional pressure drop obtained from the presented models gives almost the same values. The share of the frictional pressure drop in the total pressure drop is slight. It can be explained by the low steam quality (lower than 0.1), when the two-phase flow occurs in the vertical tubes of evaporator.

**Keywords:** pressure drop, two-phase flow, evaporator, power boiler

DOI: 10.7862/rm.2015.5

*Otrzymano/received:* 14.09.2014 r.

*Zaakceptowano/accepted:* 20.12.2014 r.

---

<sup>8</sup> Autor do korespondencji/corresponding author: Karol Majewski, Politechnika Krakowska, al. Jana Pawła II 37, 31-864 Kraków, tel.: (12) 6283740, e-mail: kmajewski@mech.pk.edu.pl

<sup>9</sup> Sławomir Grądziel, Politechnika Krakowska, e-mail: gradziel@mech.pk.edu.pl

Ziemowit OSTROWSKI<sup>10</sup>  
Piotr BULIŃSKI<sup>11</sup>  
Wojciech ADAMCZYK<sup>12</sup>  
Paweł KOZOŁUB<sup>13</sup>  
Andrzej J. NOWAK<sup>14</sup>

## NUMERICAL MODEL OF HEAT TRANSFER IN SKIN LESIONS

Preliminary results of numerical modelling of skin undergoing thermal stimulation (mild cooling) in a human forearm is presented. Small brass compress was used for cooling purposes. The skin recovery process was then analysed. Temperature history for  $N = 14$  samples was recorded using IR camera. The samples come from 8 male adults (age 25-38 years). A numerical model of heat transfer in tissues and CFD model of surrounding air (natural convection) was proposed. Simulation results were validated against experimental data.

**Keywords:** numerical modelling, validation, bioheat equation, skin lesions, malignant melanoma

## MODEL NUMERYCZNY WYMIANY CIEPŁA W USZKODZENIACH SKÓRNYCH

### Streszczenie

W pracy zaprezentowano wstępne wyniki modelowania numerycznego procesów wymiany ciepła w rejonie skóry przedramienia poddanej termostymulacji (łagodnego ochładzania). Do ochładzania użyto kompresów mosiężnych. Przeanalizowano proces powrotu skóry do stanu sprzed termostymulacji. Przy użyciu kamery termowizyjnej zarejestrowano rozkład temperatury dla  $N = 14$  próbek w grupie 8 przebadanych dorosłych mężczyzn (w wieku 25-38 lat). Zaproponowano model numeryczny przepływu ciepła w tkankach przedramienia oraz w otaczającym je powietrzu (w warunkach konwekcji swobodnej). Wyniki symulacji zostały poddane walidacji przy użyciu danych pochodzących z pomiarów.

**Słowa kluczowe:** modelowanie numeryczne, walidacja, równanie biociepła, zmiany skórne, czerniak złośliwy

DOI: 10.7862/rm.2015.6

*Otrzymano/received: 15.09.2014 r.*

*Zaakceptowano/accepted: 12.02.2015 r.*

---

<sup>10</sup> Autor do korespondencji/corresponding author: Ziemowit Ostrowski, Instytut Techniki Ciepłej, Politechnika Śląska, 22 Ko-narskiego Street, 44-100 Gliwice, Poland, tel.: (32) 2372302, e-mail: Ziemowit.Ostrowski@polsl.pl

<sup>11</sup> Piotr Buliński, Politechnika Śląska, e-mail: Piotr.Bulinski@polsl.pl

<sup>12</sup> Wojciech Adamczyk, Politechnika Śląska, e-mail: Wojciech.Adamczyk@polsl.pl

<sup>13</sup> Paweł Kozolub, Politechnika Śląska, e-mail: Pawel.Kozolub@polsl.pl

<sup>14</sup> Andrzej J. Nowak, Politechnika Śląska, e-mail: Andrzej.J.Nowak@polsl.pl

## ANALIZA MOŻLIWOŚCI REKUPERACJI CIEPŁA Z UKŁADU SEPARACJI CO<sub>2</sub> NA POTRZEBY BLOKU ENERGETYCZNEGO

Konieczność ograniczania emisji CO<sub>2</sub> do atmosfery stanowi istotny problem, przed jakim stoi energetyka zawodowa. Koszt energetyczny separacji, niezależnie od zastosowanej technologii, jest duży i przekłada się na znaczący spadek sprawności procesu wytwarzania energii elektrycznej. W pracy przedstawiono rezultaty obliczeń optymalizacyjnych dla bloku nadkrytycznego o mocy 900 MWe zintegrowanego z układem VPSA (Vacuum Pressure Swing Adsorption) adsorpcyjnej separacji dwutlenku węgla i układem przygotowania wyseparowanego gazu do transportu. Celem zrealizowanych obliczeń była analiza możliwości odzysku ciepła z procesu wielostopniowego sprężania CO<sub>2</sub> z chłodzeniem międzystopniowym. Odzyskane ciepło było rekuperowane w układzie regeneracji bloku energetycznego. W pracy przeanalizowano różne miejsca integracji układu chłodzenia z obiegiem cieplnym bloku. Rozważono różne strumienie rekuperowanego ciepła oraz temperatury czynnika. Uzyskane rezultaty wskazują, że poprzez odpowiedni dobór parametrów termodynamicznych czynnika wnoszącego ciepło oraz miejsc jego rekuperacji można zwiększyć całkowitą sprawność energetyczną bloku o ok. 2% (punkty procentowe) w stosunku do wariantu bez odzysku ciepła.

**Słowa kluczowe:** dwutlenek węgla, modelowanie obiegów cieplnych, CCS, optymalizacja

## ANALYSIS OF POSSIBILITY OF HEAT RECUPERATION FROM CO<sub>2</sub> SEPARATION SYSTEM FOR POWER STATION LOAD

### Summary

The necessity of reduction of CO<sub>2</sub> emission to atmosphere remains the important problem that energy sector stands against. The energetic cost of separation, regardless of technology applied, is significant and makes electricity generation efficiency also to decrease significantly. The paper presents results of optimisation calculations of supercritical 900 MW<sub>e</sub> power plant integrated with VPSA (Vacuum Pressure Swing Adsorption) CO<sub>2</sub> separation adsorption unit as well as the system of separated carbon dioxide compression for transportation. The application of VPSA technology determines the necessity of flue gas compression before adsorption, and from the other hand generation of a low pressure on desorption – product side. That means, the compression system must be used, and the large amount of energy is needed for its exploitation. The main aim of performed calculations was the assessment of possibilities of heat recuperation from intercooled multistage compression system. The analysis concerned recuperation of heat into the hot water regeneration system of the power plant. Different places of integration of intercooling system were analysed. Moreover, different heat amount as well as temperatures of heat carriers were considered. The results obtained show that by appropriate selection of thermodynamic parameters of heat carriers as well as heat distribution it is possible to increase the total energy efficiency of a power plant of about 2 percentage points relative to the case without heat recuperation.

**Keywords:** carbon dioxide, thermal cycle modelling, CCS, optimisation

DOI: 10.7862/rm.2015.7

*Otrzymano/received: 15.09.2014 r.*

*Zaakceptowano/accepted: 15.11.2014 r.*

---

<sup>15</sup> Autor do korespondencji/corresponding author: Marcin Panowski, Politechnika Częstochowska, ul. Dąbrowskiego 73, 42-201 Częstochowa, Polska, tel.: (34) 3250988, e-mail: mpanowski@is.pcz.czest.pl

<sup>16</sup> Robert Zarzycki, Politechnika Częstochowska, e-mail: zarzycki@is.pcz.czest.pl

## THE HEAT TRANSFER COEFFICIENT CALCULATIONS OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE FUELLED WITH NATURAL GAS

In this paper the calculations of heat transfer coefficient in the combustion chamber of the internal combustion engine fuelled with natural gas is presented. The mean value of heat transfer coefficient has been calculated using Woschni and Nusselt equation and compared with results obtained using algorithm based on experimental data. The proposed algorithm can be helpful to determine the average values of heat transfer coefficient from working medium to the combustion chamber walls (crown of a cylinder head, cylinder walls and piston head) during combustion process. The calculation method includes modified one zone heat release model in combustion chamber of SI engine. Proposed method is based on the energy balance equation closed by the coefficient which expresses the heat losses to the walls of the combustion chamber.

**Keywords:** heat transfer coefficient, combustion engines, in-cylinder pressure

## OBLICZENIA WSPÓŁCZYNNIKA PRZENIKANIA CIEPŁA SILNIKA WEWNĘTRZNEGO SPALANIA ZASILANEGO GAZEM ZIEMNYM

### Streszczenie

W pracy przedstawiono obliczenia współczynnika przenikania ciepła w komorze spalania silnika wewnętrznego spalania zasilanego gazem ziemnym. Średnią wartość współczynnika przenikania ciepła obliczono za pomocą równania Woschni oraz Nusselta i porównano z wynikami uzyskanymi za pomocą algorytmu opartego na danych eksperymentalnych. Zaproponowany algorytm może być pomocny do określenia średnich wartości współczynnika przenikania ciepła z czynnika roboczego do ścian komory spalania (głowicy cylindra, ściany cylindrów i głowicy tłoka) podczas procesu spalania. Metoda obliczeniowa obejmuje zmodyfikowany model wydzielania ciepła w komorze spalania silnika ZI. Proponowany sposób opiera się na równaniu bilansu energetycznego zamkniętym przez współczynnik, który wyraża straty ciepła do ścianek komory spalania.

**Słowa kluczowe:** współczynnik przenikania ciepła, silniki spalinowe, ciśnienie w cylindrze

DOI: 10.7862/rm.2015.8

*Otrzymano/received: 15.09.2014 r.*

*Zaakceptowano/accepted: 30.10.2014 r.*

---

<sup>17</sup> Autor do korespondencji/corresponding author: Grzegorz Przybyła, Silesian University of Technology, 22 Konarskiego Street, 44-100 Gliwice, Poland, tel.: (32) 2372983, e-mail: gprzybyla@polsl.pl

<sup>18</sup> Stefan Postrzednik, Silesian University of Technology, e-mail: spostrzednik@polsl.pl

<sup>19</sup> Zbigniew Żmudka, Silesian University of Technology, e-mail: zzmudka@polsl.pl



## SURFACE ROUGHNESS AFTER DRILLING OF LAMINATED CHIPBOARD

In this study the eighteen tests of tool durability for different values of the analyzed cutting parameters were carried out. Based on the results of investigations, the influence of selected cutting parameters on the machined surface quality was determined. Mathematical models based on analysis of variance (ANOVA), allowing to estimate the surface quality in the cutting process were proposed.

**Keywords:** drilling, tool wear, surface quality, laminated chipboard

## CHROPOWATOŚĆ POWIERZCHNI PO WIERCENIU PŁYTY WIÓROWEJ LAMINOWANEJ

### Streszczenie

W przeprowadzonych badaniach wykonano osiemnaście prób trwałościowych narzędzia dla różnych wartości analizowanych parametrów skrawania. Na podstawie wyników uzyskanych z przeprowadzonych badań określono wpływ wybranych parametrów skrawania na jakość powierzchni obrobionej. Zaproponowano modele matematyczne, wykorzystując analizę wariancji ANOVA, pozwalające oszacować jakość powierzchni obrobionej w badanym procesie skrawania.

**Słowa kluczowe:** wiercenie, zużycie narzędzia, jakość powierzchni, płyta wiórowa laminowana

DOI: 10.7862/rm.2015.9

*Otrzymano/received: 10.10.2014 r.*

*Zaakceptowano/accepted: 20.12.2014 r.*

---

<sup>20</sup> Autor do korespondencji/corresponding author: Krzysztof Sz wajka, Rzeszow University of Technology, 4 Kwiatkowskiego Street, 37-450 Stalowa Wola, Poland, tel.: (15) 8448219, e-mail: kszwajka@prz.edu.pl

Robert ZARZYCKI<sup>21</sup>  
Rafał KOBYLECKI<sup>22</sup>  
Marcin KRATOFIL<sup>23</sup>  
Damian PAWŁOWSKI<sup>24</sup>  
Zbigniew BIS<sup>25</sup>

## TWORZENIE I REDUKCJA TLENKU AZOTU W WARUNKACH OXYSPALANIA

W artykule przedstawiono proces tworzenia i redukcji tlenku azotu w warunkach zbliżonych do charakterystycznych dla procesu oxyspalania. Dokonano analizy przebiegów czasowych zmian zawartości NO oraz CO<sub>2</sub> i O<sub>2</sub> w spalinach w trakcie utleniania paliwa oraz określono warunki sprzyjające redukcji zawartości NO w gazach dolotowych. Ustalono, że w zakresie temperatur 750-950°C przy spalaniu w powietrzu (stan odniesienia) nie następuje tworzenie się termicznych tlenków azotu. Wyniki uzyskane dla różnych składów gazów w otoczeniu płonących ziaren paliwa wykazały ponadto, że w pewnych warunkach jest możliwa wyraźna, dochodząca do 10%, redukcja zawartości NO w odniesieniu do jego zawartości w gazie dolotowym. Wyniki badań oznaczania zawartości azotu w próbkach popiołu po spalaniu wykazały śladowe zawartości N (w przypadku wszystkich badanych próbek zawartość azotu <0,01%), potwierdzając, że podczas spalania azot zawarty w węglu przechodzi w całości do fazy gazowej.

**Słowa kluczowe:** oxyspalanie, przedpalenisko cyklonowe, tlenek azotu

## FORMATION AND REDUCTION OF NITRIC OXIDE UNDER OXYCOMBUSTION CONDITIONS

### Summary

The article presents the results of the investigation of the possibility to reduce NO in conditions similar to those characteristic for the oxycombustion process. Analysis of the waveforms of variation of the concentrations of NO, CO<sub>2</sub>, and O<sub>2</sub> in fuel gas during fuel oxidation was carried out. Furthermore, the conditions that favour the reduction of NO concentration in inlet gases were determined. It was found that in the temperature range of 750-950°C no thermal NO is formed during the combustion in air. However, the results obtained for the different gas composition indicated that under certain conditions it is possible to reduce up to 10% of the initial NO concentration in the inlet gas. The analysis of nitrogen content in the fuel and ash samples after combustion process showed that just trace content of N was found (in case of all tested samples the nitrogen content was under 0.04%), it is confirmed that during combustion the majority of nitrogen is transformed to the gas phase.

**Keywords:** oxycombustion, cyclone pre-furnace, nitric oxide

DOI: 10.7862/rm.2015.10

*Otrzymano/received: 15.09.2014 r.*

*Zaakceptowano/accepted: 10.01.2015 r.*

---

<sup>21</sup> Autor do korespondencji/corresponding author: Robert Zarzycki, Politechnika Częstochowska, ul. Brzeźnicka 60a, 42-200 Częstochowa, Polska, tel.: (34) 3257334, wew. 18, e-mail: zarzycki@is.pcz.czest.pl

<sup>22</sup> Rafał Kobylecki, Politechnika Częstochowska, e-mail: rafalk@is.pcz.czest.pl

<sup>23</sup> Marcin Kratofil, Politechnika Częstochowska, e-mail: mkratofil@is.pcz.czest.pl

<sup>24</sup> Damian Pawłowski, Politechnika Częstochowska, e-mail: dpawlowski@is.pcz.czest.pl

<sup>25</sup> Zbigniew Bis, Politechnika Częstochowska, e-mail: zbis@is.pcz.czest.pl