

POTENCJALNE KORZYŚCI ENERGETYCZNEGO ZAGOSPODAROWANIA GAZOWYCH PRODUKTÓW PIROLIZY WYBRANYCH ODPADÓW W PRZEMYSŁE STALOWYM Z WYKORZYSTANIEM SYMULACJI KOMPUTEROWYCH

Artur P. Durajski¹, Magdalena Skrzyniarz

artur.durajski@pcz.pl

¹Politechnika Częstochowska, Wydział Elektryczny,
Aleja Armii Krajowej 17, 42-218 Częstochowa

Streszczenie

Obecny globalny kryzys energetyczny wymusza poszukiwanie alternatywnych surowców i paliw, które będą w stanie zapewnić ciągłość funkcjonowania strategicznych gałęzi przemysłu, takich jak przemysł stalowy. Szansą na ograniczenie zużycia tradycyjnych paliw (np. gazu ziemnego) jest wykorzystanie potencjału gazów pochodzących z termicznego przetwarzania odpadów, w szczególności gazu pirolitycznego [1,2]. W ramach przeprowadzonej analizy przebadano pod kątem energetycznego wykorzystania odpady tworzyw sztucznych, RDF i biomasę, jako wsadu do reaktora pirolitycznego połączanego z hutniczym piecem przepychowym (rys. 1). Zaproponowane rozwiązanie technologiczne polega na umieszczeniu reaktora pirolitycznego przed rekuperatorem pieca przepychowego, co pozwoli na ogrzanie pirolizera do wymaganej

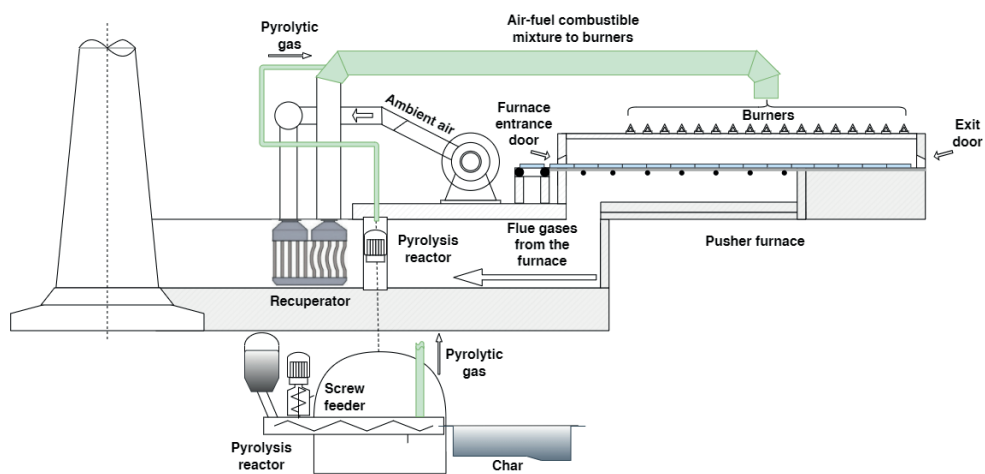
temperatury ok. 900°C, bez dostarczania energii z zewnątrz. Następnie pozostałe ciepło będzie wykorzystywane do wstępnego suszenia i ogrzania materiału wsadowego do pirolizera. Uzyskana frakcja gazowa bez schładzania i kondensacji będzie podawana do palników pieca i bezpośrednio współpalana z gazem ziemnym. System spalania jest wyposażony w regulatory, które kontrolują przepływy gazu pierwotnego i wtórnego w czasie rzeczywistym, na podstawie zmierzonej wartości opałowej [3].

Modelowanie składu chemicznego spalin przeprowadzono dla spalania samego gazu ziemnego, współpalania z gazem pirolitycznym z odpadów RDF (Refuse Derived Fuel), mieszaniny zrębków sosnowych z polipropylenem oraz mieszaniny zrębków olchowych z polipropylenem. Obliczenia wykonano przy użyciu oprogramo-

wania Ansys Chemkin-Pro (2021 R1) [4]. Przeprowadzone symulacje komputerowe wykazały, że dodatek gazu pirolitycznego dla większości analizowanych wariantów nie wpłynął istotnie na skład chemiczny spalin. Dla spalin pochodzących z pirolizy odpadów biomasowych z dodatkiem polipropylenu (PP) zaobserwowano wyższe stężenia CO i H_2 oraz niespalonych węglowodorów niż w przypadku pozostałych mieszanin. Przyczynę zaobserwowanych różnic wyjaśniono, przeprowadzając analizę ścieżek formowania i analizę wrażliwości dla

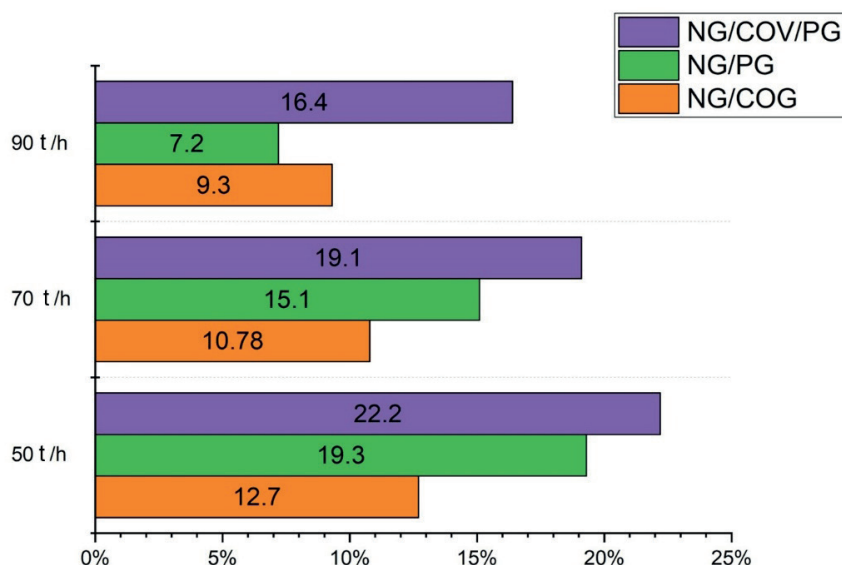
wybranych produktów spalania [5].

Na podstawie konsultacji, wizji lokalnych i danych uzyskanych z walcowni huty stali zlokalizowanej w Polsce, przeprowadzono analizę możliwości i opłacalności wykorzystania gazu pirolitycznego do współspalania z gazem koksowniczym i gazem ziemnym w przemysłowym piecu grzewczym. Uzyskane wyniki pokazały, że można osiągnąć znaczącą korzyść, jaką jest obniżenie kosztów produkcji analizowanego przedsiębiorstwa stalowego dzięki wykorzystaniu gazu pirolitycznego (rys. 2).



Rys. 1. Schemat koncepcji włączenia reaktora pirolitycznego w ciąg technologiczny hutniczego pieca grzewczego.

Fig. 1. Diagram of the concept of including a pyrolytic reactor in the technological line of a metallurgical heating furnace



Rys. 2. Potencjalne korzyści finansowe, które może osiągnąć huta dla trzech projektowanych wydajności pieca, podczas współspalania gazu ziemnego z gazem koksowniczym i pirolitycznym (NG/COV/PG), gazu ziemnego z gazem pirolitycznym (NG/PG) oraz gazu ziemnego z gazem koksowniczym (NG/COV).

Fig. 2. Potential financial benefits that the steelworks can achieve for the three designed furnace capacities when co-combusting natural gas with coke oven gas and pyrolysis gas (NG/COV/PG), natural gas with pyrolysis gas (NG/PG) and natural gas with coke oven gas (NG/COV).

POTENTIAL BENEFITS OF ENERGY MANAGEMENT OF GAS PYROLYSIS PRODUCTS OF SELECTED WASTE IN THE STEEL INDUSTRY USING COMPUTER SIMULATIONS

Abstract

The current global energy crisis forces the search for alternative raw materials and fuels that will be able to ensure the continuity of strategic industries, such as the steel industry. An opportunity to reduce the consumption of traditional fuels

(e.g. natural gas) [1,2] is to use the potential of gases from thermal waste treatment, in particular pyrolytic gas. As part of the analysis, plastic waste, RDF and biomass were tested for energy use as an input to a pyrolysis reactor connected

to a metallurgical pusher furnace (Fig. 1). The proposed technological solution consists in placing the pyrolysis reactor before the recuperator of the pusher furnace, which will allow the pyrolyser to be heated to the required temperature of approx. 900°C, without supplying energy from the outside. The remaining heat will then be used to pre-dry and heat the feedstock to the pyrolyser. The resulting gas fraction, without cooling and condensation, will be fed to the furnace burners and directly co-incinerated with natural gas. The combustion system is equipped with regulators that control the primary and secondary gas flows in real time, based on the measured calorific value [3].

Modelling of the chemical composition of the flue gas was carried out for the combustion of natural gas alone, co-combustion with pyrolytic gas from RDF (Refuse Derived Fuel) waste, a mixture of pine chips with polypropylene and a mixture of alder chips with polypropylene. The calculations were performed using Ansys Chemkin-Pro software

(2021 R1) [4]. The computer simulations carried out showed that the addition of pyrolytic gas for most of the analysed variants did not significantly affect the chemical composition of the flue gas. For the flue gas from the pyrolysis of biomass waste with the addition of polypropylene (PP), higher concentrations of CO and H₂ and unburned hydrocarbons were observed than in the case of other mixtures. The reason for the observed differences was explained by conducting a formation path analysis and sensitivity analysis for selected combustion products [5].

Based on consultations, local visions and data obtained from a steel mill located in Poland, an analysis of the possibilities and profitability of using pyrolytic gas for co-combustion with coke oven gas and natural gas in an industrial heating furnace was carried out. The obtained results showed that a significant benefit can be achieved, which is the reduction of production costs of the analyzed steel company thanks to the use of pyrolytic gas (Fig. 2).

Słowa kluczowe: przemysł metalurgiczny; transformacja energetyczna; piroliza; odpady RDF; odpady biomasowe.

Keywords: metallurgical industry; energy transformation; pyrolysis; RDF waste; biomass waste.

Bibliografia/References

- Pisciotta, Maxwell, Hélène Pilorgé, John Feldmann, Rory Jacobson, Justine Davids, Shelvey Swett, Zachary Sasso, and Jennifer Wilcox. "Current State of Industrial Heating and Opportunities for Decarbonization." *Progress in Energy and Combustion Science* 91, no. January (2022): 100982.
- Szwaja, S., M. Zajemska, M. Szwaja, and A. Maroszek. "Integration of Waste Biomass Thermal Processing Technology with a Metallurgical Furnace to Improve Its Efficiency and Economic Benefit." *Resources, Conservation and Recycling*, 2021.
- Skrzyniarz, Magdalena, Marcin Sajdak, Anna Biniek-Poskart, Andrzej Skibiński, Artur Maroszek, Paweł Niegodajew, and Monika Zajemska. "Economic Benefits for the Metallurgical Industry from Co-Combusting Pyrolysis Gas from Waste." *Energy*, November 13, 2024, 133782.
- Lee, Yu Ri, Hang Seok Choi, Hoon Chae Park, and Ji Eun Lee. "A Numerical Study on Biomass Fast Pyrolysis Process: A Comparison between Full Lumped Modeling and Hybrid Modeling Combined with CFD." *Computers and Chemical Engineering* 82 (2015): 202–15.
- Che, Deyong, Shaohua Li, Wenguang Yang, Jia Jia, and Nan Zheng. "Application of Numerical Simulation on Biomass Gasification" 17 (2012): 49–54.