

Temat rozprawy doktorskiej:

WARUNKI MINIMALNEGO ZUŻYCIA ENERGII W INSTALACJI DO FERMENTACYJNEJ PRODUKCJI WODORU Z BIOMASY

Autor: mgr inż. Andrzej Budek

Słowa kluczowe: wodór, biomasa, fermentacja, optymalizacja, racjonalizacja zużycia energii, Pinch Point Technology, ogniwa paliwowe: PEMFC, PAFC i SOFC.

STRESZCZENIE: Celem naukowym pracy była analiza energetyczna i określenie warunków minimalnego zużycia energii w instalacji do produkcji wodoru z biomasy. Założono wykorzystanie nowej technologii fermentacyjnej produkcji wodoru, opracowanej w ramach europejskiego projektu badawczego HYVOLUTION „Produkcja czystego wodoru z biomasy metodą niskotemperaturową” (projekt zrealizowany w latach 2006 – 2010). Wyniki badań tego projektu stanowiły również źródło informacji o strukturze oraz parametrach pracy podstawowego wariantu instalacji. Postawiona hipoteza badawcza w pierwszej części dotyczy możliwości opracowania modelu matematycznego instalacji do fermentacyjnej produkcji wodoru z biomasy, umożliwiającego zbadanie bilansu energetycznego w celu minimalizacji zużycia energii w instalacji. Druga część hipotezy dotyczy możliwości wyznaczenia struktury wytwórni wodoru i jej parametrów pracy w taki sposób, aby uniezależnić ją od zewnętrznych źródeł energii cieplnej i elektrycznej oraz zapewnić minimalne zużycie energii zawartej w wodorze. W rozprawie założono, że wytwórnia wodoru będzie wyposażona w ciepłownię z kotłem parowym albo elektrociepłownię zbudowaną z ogniwa paliwowego, dopalacza katalitycznego i kotła parowego. W obydwu przypadkach z wytwarzanego wodoru produkowana jest energia cieplna, a w elektrociepłowni także energia elektryczna na potrzeby własne instalacji.

Zakres pracy obejmował opracowanie modeli matematycznych, na których podstawie przy użyciu oprogramowania Aspen HYSYS stworzono modele komputerowe instalacji. Wykorzystując wyniki symulacji numerycznych, opracowano bilanse masowe i cieplne rozpatrywanych układów. Wykorzystując następnie otrzymane bilanse i metodykę Pinch Point Technology, przy użyciu programu Aspen Energy Analyzer wykonano integrację cieplną układów, wraz z analizą zapotrzebowania energii i oceną stopnia regeneracji ciepła. Dzięki

takiemu połączeniu metod badawczych zapewniono, dla każdego rozpatrywanego wariantu, maksymalny stopień regeneracji ciepła.

W ramach studium parametrycznego zbadano wariant wytwórni wodoru z ciepłownią oraz trzy warianty wytwórni z elektrociepłownią wykorzystującą do produkcji energii elektrycznej różne ogniwa paliwowe: PEMFC, PAFC i SOFC. We wszystkich wariantach założono jednakową produkcję wodoru brutto równą 60 kg/h. Przeprowadzono analizę zależności zapotrzebowania energii od zawartości CO₂ w gazie produktowym.

Cel pracy został osiągnięty. Dane pozyskane z projektu HYVOLUTION pozwoliły na weryfikację poprawności modeli matematycznych. Otrzymane wyniki analiz energetycznej wskazały kierunki działań pozwalających na optymalizację instalacji do produkcji wodoru w celu minimalizacji zużycia energii.

THE CONDITIONS OF MINIMUM ENERGY CONSUMPTION IN A PLANT FOR FERMENTATIVE HYDROGEN PRODUCTION FROM BIOMASS.

ABSTRACT: The aim of the dissertation was to carry out energy analysis and determination of the minimum energy consumption in a plant for the production of hydrogen from biomass. The plant was assumed to use a new technology of fermentative hydrogen production, developed as part of the European research project HYVOLUTION – “Non-thermal production of pure hydrogen from biomass”, (project completed in the years 2006-2010). The results of that project provided information about the structure and parameters of the basic plant. The research hypothesis in the first part concerns the development of a mathematical model of fermentative production of hydrogen from biomass, to investigate the energy balance and to minimize the energy consumption in the hydrogen plant. The second part of the hypothesis refers to designating the structure of the hydrogen plant and its operating parameters in such a way as to be independent of external sources of heat and electricity and to ensure minimum consumption of energy contained in the hydrogen. It was assumed the plant will be equipped with a heating plant featuring a steam boiler or a CHP system comprising fuel cells, catalytic oxidizer and steam boiler. In both cases hydrogen is the source of energy for heat generation and in the case with CHP also for power generation.

The scope of the work included the creation of computer models of the hydrogen plant based on the developed mathematical models, using Aspen HYSYS software. On the basis of numerical simulations mass and heat balances of the considered systems were developed. Using the balance data, Pinch Point Technology and Aspen Energy Analyzer software, heat integration was performed which included an analysis of energy demand and assessment of the heat recovery. This combination of research methods and tools provided the maximum heat recovery ratio for each system variant in question.

Among the different variants of the energy supply for hydrogen production, a heating plant – only system and three CHP systems featuring various types of fuel cells (PEMFC, PAFC and SOFC) were examined. In all variants the equal hydrogen production of 60 kg/h was assumed. The energy demand was studied as a function of selected process parameters; among them, CO₂ content in the product gas is of key importance.

The aim of the dissertation was achieved. The data obtained from project HYVOLUTION made it possible to verify the correctness of mathematical models. The obtained results of the

energy analysis indicated the options to optimize the hydrogen plant in order to minimize its energy consumption.