ABSTRACT

Adsorption cooling systems powered by waste heat or solar heat can help to reduce the use of ozone depletion substances, such as chlorofluorocarbons (CFCs) and hydrochlorofluorocarbons (HCFCs). In this research work, a CFD simulation works were conducted on a prototype adsorption air-conditioning system powered by waste heat that was successfully tested in laboratory. The aim is to measure the system performance of the adsorption cooling and verify the results with experimental works.

A laboratory prototype of a thermally driven adsorption air conditioning system employing activated carbon as adsorbent and methanol as the refrigerant was developed. The prototype model experimental results obtained a coefficient of performance (COP) of 0.19 and cooling capacity, Q at approximately 320 kJ. The cooling power, P yields at 0.64 kW and it is able to produce chilled air temperature, $T_{chill,out}$ of around 22 °C. In this thesis, the research works were divided into two part simulation work of parametric study and comparative study.

This first simulation work aims to present a parametric study to compare with the experimental results for a typical activated carbon-methanol, adsorption air-conditioning system powered by exhaust heat. The main objective is to study the effect of wall thickness on the desorption temperature and the cooling performance. The current study is a simulation/parametric investigation employing computational fluid dynamics (CFD). CFD results show that exhaust gas, introduced at 200 °C, would have bed temperature around 120 °C while employing 20 mm thick stainless steel wall. The adsorber took

around 10 minutes to heat up and decrease to room temperature around the same period. This setup are able to produce a cooling power of 0.65 kW and COP around 0.25 with cycle time of 1200 s. It is concluded that higher input temperature would have relatively longer cycle time but it is able to produce higher cooling power in return. While in design, it proves that an optimal wall thickness should be 15-20 mm of stainless steel that offer lower heat transfer rate to maintain the system under functional T_{des} at all time.

In the second simulation works, further works were conducted to carry out "what-if" analysis viz. to find out the optimal adsorbent-adsorbate working pair based on the prototype. Three types of refrigerants, coupled with activated carbon, were considered in this study namely (1) methanol (similar to the experimental works); (2) ammonia; and (3) water. The results obtained show that activated carbon-water pair produces the best cooling compared to activated carbon-methanol and -ammonia working pairs, as far as present study is concerned. Both methanol and ammonia show a COP of 0.37 and 0.4 respectively. The average $T_{chill,out}$ produced by methanol is at around 15 °C while ammonia produce at slightly higher temperature of 19 °C. The cooling capacity, P for methanol and ammonia shows a value of 0.65 kW and 0.50 kW, respectively. Activated carbon-water pair simulated to yield a higher COP of 0.58 with Q at 480 kJ mainly due to high heat of evaporation, it is able to produce average $T_{chill,out}$ of 12 °C with cooling power of nearly 1 kW.

KAJIAN PARAMETRIC DAN SIMULASI SISTEM PENGHAWA DINGIN JENIS PENJERAPAN DIKUASAKAN HABA MENGGUNAKAN KARBON TERAKTIF

ABSTRAK

Sistem penyejukan penjerapan dikuasa oleh haba buangan atau haba solar boleh membantu mengurangkan penggunaan bahan-bahan penipisan ozon seperti klorofluorokarbon (CFC) dan hydrochlorofluorocarbons (HCFCs). Dalam kajian ini, kerja-kerja simulasi CFD dijalankan ke atas prototaip penjerapan sistem penghawa dingin berkuasa oleh haba sisa yang telah diuji dengan jayanya di dalam makmal. Tujuannya adalah untuk mengukur prestasi sistem penyejukan penjerapan dan mengesahkan keputusan dengan kerja eksperimental.

Sebuah prototaip makmal penjerapan sistem penghawa dingin haba didorong menggunakan karbon teraktif sebagai bahan penjerap dan metanol sebagai bahan penyejuk itu dibangunkan. Keputusan ujikaji prototaip diperolehi COP 0.19 dan kapasiti penyejukan, Q pada kira-kira 320 kJ. Kuasa penyejukan, P menghasilkan pada 0.64 kW dan ia mampu menghasilkan suhu udara sejuk, T_{chill}, daripada kira-kira 22 °C. Kerja-kerja penyelidikan semasa telah dibahagikan kepada dua bahagian kerja simulasi kajian parametrik dan kajian perbandingan pasangan kerja yang berbeza.

Kajian simulasi pertama adalah satu kajian parametrik untuk membandingkan dengan keputusan uji kaji. Objektif utama adalah untuk mengkaji kesan ketebalan dinding pada suhu nyahpenyerapan dan prestasi penyejukan. Dalam penyiasatan CFD ini,

gas ekzos input 200 °C akan mempunyai suhu katil kira-kira 120 °C manakala menggunakan 20 mm tebal dinding yang dibuat oleh keluli tahan karat. Jerapan yang mengambil kira-kira 10 minit untuk menjadi panas dan mengurangkan suhu bilik sekitar tempoh yang sama. Data menghasilkan kuasa penyejukan 0.65 kW dan COP sekitar 0.25 dengan masa kitaran 1200 s . Kesimpulan bahawa suhu input yang lebih tinggi akan mempunyai masa kitaran yang agak lama tetapi ia mampu menghasilkan kuasa penyejukan yang lebih tinggi sebagai balasan. Walaupun dalam reka bentuk, ia membuktikan bahawa ketebalan dinding optimum harus 15-20 mm daripada keluli tahan karat yang menawarkan kadar pemindahan haba yang lebih rendah untuk mengekalkan sistem di bawah T_{des} berfungsi pada setiap masa.

Dalam kerja simulasi kedua , "apa-jika" analisis dijalankan untuk mengetahui optimum penjerap - terjerap pasangan kerja berdasarkan prototaip. Tiga jenis penyejuk, ditambah dengan karbon diaktifkan, iaitu (1) metanol, (2) ammonia dan (3) air. Keputusan yang diperolehi menunjukkan bahawa diaktifkan pasangan karbon air menghasilkan penyejukan yang terbaik berbanding dengan karbon teraktif - metanol dan - ammonia. Kedua-dua metanol dan ammonia menunjukkan COP 0.37 dan 0.4 masing-masing. Yang T_{chill} purata, keluarkan oleh metanol adalah di sekitar 15 °C manakala hasil ammonia suhu di lebih tinggi sedikit daripada 19 °C. Kapasiti penyejukan, P untuk metanol dan ammonia menunjukkan nilai 0.65 kW dan 0.50 kW. Karbon teraktif - air menghasilkan COP yang lebih tinggi 0.58 dengan Q pada 480 kJ disebabkan oleh haba yang tinggi sejatan, ia mampu menghasilkan purata T_{chill} , daripada 12 °C dengan kuasa penyejukan hampir 1 kW.