

ABSTRACT

Carbon dioxide (CO₂) is one of the most significant greenhouse gases as its emissions are currently responsible for over 70% of the enhanced greenhouse effect. One of the common techniques used to remove CO₂ from flue gas streams, is absorption by aqueous alkanolamine solutions.

Aqueous monoethanolamine (MEA), and aqueous methyldiethanolamine (MDEA) solutions are the most widely used alkanolamine absorbents. The former is preferred for its low molecular weight, high reactivity, low cost and reasonable thermal stability while the latter is known for its higher loading capacity (mole of CO₂/mole of amine), less regeneration energy, and high resistance to thermal and chemical degradation. Recent studies in this field focus on investigating new alkanolamine solutions with better absorption/desorption capabilities for CO₂ capture from flue gas and process gas streams.

This work investigated the absorption of carbon dioxide in 2-(methylamino) ethanol (MAE), a secondary amine, as a potential carbon dioxide absorbent. The study includes determination of CO₂ solubility in 1.0 M, 2.0 M and 4.0 M MAE at temperatures of 30 °C, 40 °C and 60 °C and CO₂ partial pressures ranging from 1 to 100 kPa.

Experimental results were obtained using a double jacketed stirred cell reactor into which the gas stream at the required ratio and temperature is fed, to react with the amine solution. CO₂ causes a drop in the acidity which can be monitored using an online pH measuring device. The CO₂ loading (mol. CO₂/mol. amine) at equilibrium is then determined by chemical analysis.

This work also includes a mathematical model to determine the equilibrium solubility of CO₂ in MAE at a wide range of conditions. This model involves fitting the experimental carbamate ion concentrations to a correlation which links the equilibrium constant with temperature, CO₂ partial pressure and amine concentration. The results of this model were found to be in good agreement with the experimental data with mean absolute percentage error of 10.5%. Thus the proposed model can be applied to predict the solubility of CO₂ in MAE at different conditions.

The solubility of CO₂ in MAE was compared with that in other commonly used amines. It was found that MAE has higher loading capacities especially at low concentrations and low partial pressures. It was also found that the solubility increases with increasing CO₂ partial pressure and decreases with increasing temperature. The amine concentration, however, has a small but negative effect on the value of CO₂ loading.

ABSTRAK

Gas karbon dioksida (CO_2) adalah salah satu gas kesan rumah hijau yang utama kerana buat masa ini penyebaran gas tersebut bertanggung jawab menyumbang lebih daripada 70% kepada peningkatan kesan rumah hijau. Salah satu teknik yang biasa digunakan untuk menyingkirkan gas CO_2 dari aliran gas serombong ialah melalui penyerapan dengan menggunakan larutan berair alkanolamine.

Larutan berair monoetanolamine (MEA) dan metildietanolamine (MDEA) adalah merupakan larutan penyerap alkanolamine yang digunakan secara meluas. MEA dipilih kerana ia mempunyai berat molekul yang rendah, kadar tindakbalas yang tinggi, harga yang rendah dan kestabilan haba yang sederhana. Manakala MDEA pula dikenali kerana kapasiti muatan penyerapannya yang lebih tinggi ($\text{mol CO}_2/\text{mol amine}$), tenaga rendah diperlukan bagi proses penjanaan semula dan mempunyai rintangan tinggi terhadap haba dan penurunan proses kimia. Kajian terkini dalam bidang ini telah memfokuskan kepada pencarian larutan alkanolamine baru yang mempunyai kemampuan yang lebih baik dalam proses penyerapan/penyahserapan bagi memerangkap CO_2 dari gas serombong dan dari aliran gas proses.

Kerja ini mengkaji tentang penyerapan CO_2 dalam 2-(metilamino) etanol (MAE), iaitu amine sekunder, yang berpotensi sebagai penyerap CO_2 . Kajian ini termasuk kebolehlarutan CO_2 dalam 1.0 M, 2.0 M and 4.0 M MAE pada suhu 30 °C, 40 °C dan 60 °C dan juga tekanan separa CO_2 di antara 1 - 100 kPa.

Keputusan ujikaji diperolehi dengan menggunakan sebuah sel reaktor teraduk berjaket kembar di mana aliran gas dalam nisbah tertentu pada suhu yang tertentu disuapkan untuk bertindakbalas dengan larutan amine yang terkandung dalam reaktor. Gas CO_2 akan menyebabkan keasidan larutan menurun dan ini boleh diawas dengan

menggunakan peranti meter pH dalam talian. Muatan penyerapan CO₂ (mol CO₂/mol amine) pada keseimbangan kemudian ditentukan secara analisis kimia.

Kerja ini termasuk juga mendapatkan satu model matematik untuk menentukan kebolehlarutan CO₂ keseimbangan dalam MEA pada keadaan yang lebih meluas lagi. Model ini melibatkan padanan kepekatan ion karbamat ujikaji dengan satu sekaitan yang menghubungkan kait pemalar keseimbangan dengan suhu, tekanan separa CO₂ dan kepekatan amine. Hasil keputusan dari model tersebut didapati adalah berpadanan dengan data ujikaji di mana peratusan ralat mutlak min ialah 10.5%. Maka, model ini boleh digunakan untuk meramal kebolehlarutan CO₂ dalam larutan MEA pada keadaan yang berbeza.

Kebolehlarutan CO₂ dalam MAE dibandingkan dengan amine lain yang biasa digunakan. Didapati MAE mempunyai kapasiti muatan CO₂ yang tinggi terutamanya pada kepekatan dan tekanan separa rendah. Didapati juga kebolehlarutan meningkat dengan peningkatan tekanan separa CO₂ dan mengurang dengan peningkatan suhu. Walau bagaimana pun, kepekatan amine memberi kesan yang kecil tapi negatif kepada nilai muatan CO₂.