

# NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG MÀNG TẮM CHẤT LỎNG ION ĐỂ TÁCH KHÍ CO<sub>2</sub> RA KHỎI HỖN HỢP VỚI KHÍ METHANE

TS. Bùi Thị Lệ Thủy<sup>1</sup>, KS. Nguyễn Văn Lực<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Đại học Mở - Địa chất

<sup>2</sup>Viện Hàn lâm Khoa học Việt Nam

## Tóm tắt

Một số màng polymer tẩm chất lỏng ion (SILMs) đã được chế tạo dựa trên màng polyvinylidene fluoride (PVDF), polyethersulfone (PES) và các chất lỏng ion 1-butyl-3-methylimidazolium tetrafluoroborate ([BMIM][BF<sub>4</sub>]), 1-butyl-3-methyl imidazolium acetate ([BMIM][CH<sub>3</sub>COO]). Các màng này được nghiên cứu sử dụng cho quá trình tách khí CO<sub>2</sub> ra khỏi hỗn hợp với khí methane. Kết quả cho thấy độ chọn lọc lý tưởng của các màng polymer tẩm chất lỏng ion với hỗn hợp khí tỷ lệ 50% CO<sub>2</sub> và 50% CH<sub>4</sub> đạt 10,72 - 14,43 và độ chọn lọc thực đạt 9,77 - 12,85 (khả năng tách từ 90 - 93%). Các màng polymer ổn định về khối lượng và độ chọn lọc sau 30 ngày làm việc liên tục cho thấy tiềm năng sử dụng màng polymer tẩm chất lỏng ion cho các quá trình tách khí CO<sub>2</sub>.

## 1. Giới thiệu

Nghiên cứu phương pháp, vật liệu phù hợp để tách và xử lý khí CO<sub>2</sub> trong các nguồn khí khác nhau ngày càng trở nên quan trọng và cấp thiết, phù hợp với xu hướng chung của thế giới.

Màng hấp phụ chất lỏng phối hợp các tính chất ưu việt của chất lỏng (tính khuếch tán cao) và của vật liệu màng (khả năng thấm khí) [1]. Công nghệ tách CO<sub>2</sub> sử dụng màng hấp phụ chất lỏng có chi phí đầu tư thấp, tiêu thụ ít năng lượng, dễ vận hành [2 - 4]. Một số nghiên cứu sử dụng amin, glycerin làm dung môi tẩm lên màng [5]. Tuy nhiên, màng hấp phụ chất lỏng có nhược điểm là không ổn định do chất lỏng sử dụng trôi khỏi màng và chưa chọn lọc [6, 7].

Chất lỏng ion (hợp chất có nhiệt độ nóng chảy <100°C) có khả năng hòa tan chọn lọc CO<sub>2</sub>, bền nhiệt, bền hóa chất và không bay hơi, rất phù hợp khi dùng mang lên polymer thay thế cho các dung môi thông thường để chế tạo màng [8 - 15]. Trong nghiên cứu này, một số chất lỏng ion sẽ được sử dụng và mang lên polymer phù hợp để tạo ra vật liệu màng có khả năng tách hiệu quả và chọn lọc CO<sub>2</sub>.

## 2. Thục nghiệm

### 2.1. Nguyên liệu

- Các màng polymer xốp: Hai loại màng polymer được sử dụng để chế tạo các màng tẩm chất lỏng ion là polyvinylidene fluoride (PVDF) và polyethersulfone (PES). Hai màng này có vai trò như vật liệu mang chất lỏng ion và đều được cung cấp bởi Công ty Sterlitech (Mỹ). Các màng này được đặc trưng bởi tính bền hóa học cao và được sử

dụng nhiều trong các nghiên cứu sử dụng màng để làm chất mang trong các màng tẩm chất lỏng. Các tính chất cơ bản của hai màng bao gồm: kích thước mao quản 0,2mm, độ xốp 70 - 80%, đường kính màng 47mm, độ dày trung bình 150µm.

- Các chất lỏng ion gồm: 1-butyl-3-methyl imidazolium tetrafluoroborate ([BMIM][BF<sub>4</sub>]) và 1-butyl-3-methyl imidazolium acetate ([BMIM][CH<sub>3</sub>COO]) có độ tinh khiết trên 99% được tổng hợp tại Phòng Thí nghiệm bộ môn Lọc hóa dầu, Đại học Mở - Địa chất. Sau khi tổng hợp, sản phẩm được đo phổ hồng ngoại (IR) và phổ cộng hưởng từ hạt nhân (NMR) để khẳng định sự tạo thành của các chất lỏng ion.

- Sử dụng khí CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>, hỗn hợp khí CO<sub>2</sub> và CH<sub>4</sub> với tỷ lệ 50:50 theo thể tích (độ tinh khiết 99,99%) của Công ty khí Cryotech.

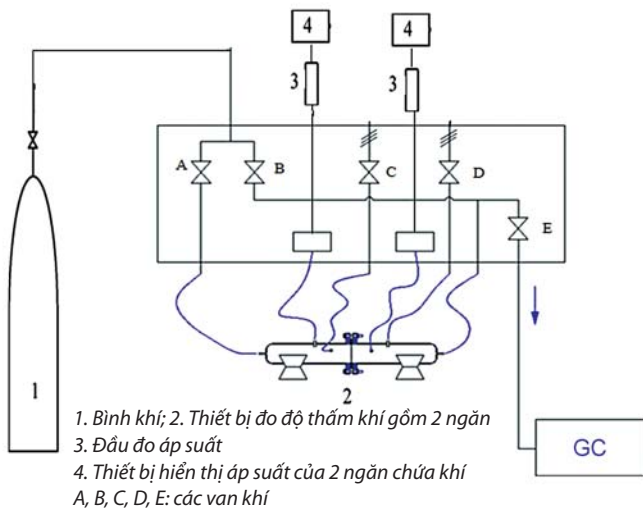
### 2.2. Phương pháp chế tạo màng tẩm chất lỏng ion

Các màng tẩm chất lỏng ion trong nghiên cứu này được chế tạo theo phương pháp ngâm tẩm trực tiếp trong 48 giờ. Lượng chất lỏng ion được xác định đã lấp đầy lỗ xốp của màng và phủ một lớp mỏng trên bề mặt màng [16].

### 2.3. Xác định chênh áp phù hợp giữa ngăn nguyên liệu và ngăn thấm

Độ chênh áp thích hợp giữa ngăn nguyên liệu và ngăn thấm được xác định để đánh giá áp suất làm việc ổn định của các màng tẩm chất lỏng ion.

Các thực nghiệm đánh giá độ chênh áp phù hợp với từng màng tẩm chất lỏng ion được thực hiện bằng cách sử dụng hệ thiết bị tách khí (Hình 1) và khí N<sub>2</sub>. Khí nitơ được



Hình 1. Hệ thiết bị sử dụng để xác định độ thấm của các khí

đưa vào ngăn nguyên liệu, độ chênh áp giữa hai ngăn tăng dần cho tới khi màng tẩm chất lỏng ion không ổn định. Từ đó, xác định được khoảng làm việc ổn định của màng tẩm chất lỏng ion trong các thực nghiệm về thấm khí.

## 2.4. Các thực nghiệm về sự thấm khí

### 2.4.1. Khí nguyên chất

Độ thấm khí nguyên chất của các màng tẩm chất lỏng ion đối với các khí CO<sub>2</sub> và CH<sub>4</sub> thu được bằng cách sử dụng hệ thiết bị (Hình 1).

Thiết bị đo độ thấm khí gồm một ngăn nguyên liệu và một ngăn thấm, ở giữa hai ngăn đặt màng tẩm chất lỏng ion. Khí đưa từ bình (1) vào ngăn nguyên liệu. Độ chênh áp giữa hai ngăn là 0,7 - 1,3at. Sự thay đổi áp suất giữa hai ngăn được đo bằng hai đầu đo áp suất (3) và được hiển thị ở hai thiết bị (4). Từ các giá trị về áp suất ở hai ngăn sẽ tính được độ thấm của từng khí đơn theo các công thức như ở mục 2.5.1.

### 2.4.2. Khí hỗn hợp

Khí hỗn hợp CO<sub>2</sub> và CH<sub>4</sub> được sử dụng có tỷ lệ 50:50, các thực nghiệm về độ thấm khí cũng được thực hiện tương tự như đối với khí nguyên chất. Khí được đưa vào ngăn nguyên liệu (sao cho độ chênh áp của hai ngăn từ 0,7 - 1,3at), theo dõi sự thay đổi áp suất của cả hai ngăn theo thời gian bằng hai đầu dò áp suất (Hình 1). Kết thúc thí nghiệm, khí ở ngăn thấm sẽ được thu gom và phân tích bằng sắc ký khí để xác định thành phần của từng khí trong hỗn hợp.

## 2.5. Phương pháp tính toán

### 2.5.1. Độ thấm

Độ thấm của khí nguyên chất qua màng được tính toán từ các dữ liệu về áp suất thu được ở hai ngăn (ngăn

nguyên liệu và ngăn thấm) của thiết bị, được thể hiện trong công thức (1):

$$\frac{1}{\beta} \ln \left( \frac{[p_{feed} - p_{perm}]_0}{[p_{feed} - p_{perm}]_t} \right) = \frac{1}{\beta} \ln \left( \frac{\Delta p_0}{\Delta p} \right) = P \frac{t}{l} \quad (1)$$

Trong đó:

$p_{feed}$  và  $p_{perm}$ : Áp suất (Pa) trong ngăn nguyên liệu và ngăn thấm ở thời điểm ban đầu (chỉ số: 0) và thời điểm  $t$ ;

$P$ : độ thấm của màng (m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>);

$t$ : Thời gian (s);

$l$ : Độ dày của màng (m);

$\beta$ : Thông số hình học đặc trưng cho hình dạng của bình, được xác định bởi công thức (2) [17 - 19]:

$$\beta = A \times \left( \frac{1}{V_{feed}} + \frac{1}{V_{perm}} \right) \quad (2)$$

Trong đó:

$A$ : Diện tích màng (m<sup>2</sup>);

$V_{feed}$  và  $V_{perm}$ : Thể tích của ngăn nguyên liệu và ngăn thấm (m<sup>3</sup>).

### 2.5.2. Độ chọn lọc

Độ chọn lọc lý tưởng  $\alpha_{A/B}$  có thể được xác định bởi các độ thấm riêng của hai khí nguyên chất khác nhau (A và B) [14, 17, 20]. Độ chọn lọc cũng có thể được biểu diễn bởi độ tan (S) và độ khuếch tán (D) của mỗi khí, như trong công thức (3):

$$\alpha_{A/B} = \frac{P_A}{P_B} = \frac{S_A \times D_A}{S_B \times D_B} \quad (3)$$

Trong các thí nghiệm về hỗn hợp khí, độ chọn lọc ( $\alpha_{A/B}$ ) được xác định bởi công thức (4) [21]:

$$\alpha_{A/B} = \frac{y_A / x_A}{y_B / x_B} \quad (4)$$

Trong đó:

$y_A$  và  $y_B$ : Phần mol của khí A và khí B trong ngăn thấm;

$x_A$  và  $x_B$ : Phần mol của khí A và khí B trong ngăn nguyên liệu.

Hiệu suất tách khí A ra khỏi hỗn hợp với khí B được tính theo công thức:

$$H = \frac{\alpha_{A/B}}{\alpha_{A/B} + 1} \quad (5)$$

Trong đó  $\alpha_{A/B}$  là độ chọn lọc.

### 2.5.2. Phương pháp xác định độ ổn định của màng tẩm chất lỏng ion

Độ ổn định của các màng tẩm chất lỏng ion được xác định bằng cách đo sự thay đổi về khối lượng của màng

tẩm chất lỏng ion theo thời gian sử dụng. Sau mỗi lần tiến hành thực nghiệm, màng sẽ được cân lại để xác định khối lượng tại thời điểm đó. Độ ổn định của màng chính là khoảng thời gian mà khối lượng của màng có sự thay đổi đáng kể so với khối lượng ban đầu.

### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. Độ chênh áp phù hợp giữa ngăn nguyên liệu và ngăn thấm

Để tiến hành đo độ thấm cần lựa chọn độ chênh áp phù hợp giữa ngăn nguyên liệu và ngăn thấm. Nếu độ chênh áp cao, độ bền của màng bị giảm, thậm chí có thể hỏng màng. Nếu độ chênh áp thấp, thời gian tách khí sẽ lâu. Các kết quả đo độ chênh áp phù hợp của từng màng tẩm chất lỏng ion được thể hiện trong Bảng 1.

Kết quả trong Bảng 1 cho thấy độ chênh áp giới hạn của màng PES và PVDF là 1,5at. Tuy nhiên, để các màng tẩm chất lỏng ion làm việc ổn định, trong các thí nghiệm đo độ thấm độ chênh áp sẽ được lựa chọn trong khoảng từ 0,7 - 1,3at.

#### 3.2. Đánh giá khả năng tách CO<sub>2</sub> của màng tẩm chất lỏng ion

##### 3.2.1. Độ chọn lọc lý tưởng của các khí nguyên chất

Độ thấm của các khí đơn CO<sub>2</sub> và CH<sub>4</sub> qua các màng polymer tẩm chất lỏng ion khác nhau được thể hiện trong Bảng 2. Các kết quả cho thấy độ thấm của các khí đơn khá ổn định và phụ thuộc vào từng loại màng tẩm chất lỏng ion. Độ thấm của CO<sub>2</sub> qua màng tẩm chất lỏng ion cao hơn độ thấm của CH<sub>4</sub> cho thấy tiềm năng sử dụng màng tẩm chất lỏng ion cho quá trình tách khí CO<sub>2</sub> trong hỗn hợp với khí CH<sub>4</sub>.

Bảng 3 thể hiện các giá trị về độ chọn lọc lý tưởng và hiệu suất tách lý tưởng từ các thực nghiệm với các màng tẩm chất lỏng ion. Độ chọn lọc lý tưởng được tính toán dựa trên tỷ số của các giá trị về độ thấm của các khí nguyên chất. Tương ứng với mỗi giá trị về độ chọn lọc là giá trị về hiệu suất tách (thể hiện hiệu quả tách khí của các màng tẩm chất lỏng ion).

**Bảng 1.** Độ chênh áp phù hợp giữa ngăn nguyên liệu và ngăn thấm

Màng \ Áp suất (at)	0,4	0,7	1	1,3	1,5	1,7
PES tẩm [BMIM][BF <sub>4</sub> ]	ổn định	ổn định	ổn định	ổn định	ổn định	Không ổn định
PES tẩm [BMIM][CH <sub>3</sub> COO]	ổn định	ổn định	ổn định	ổn định	ổn định	Không ổn định
PVDF tẩm [BMIM][BF <sub>4</sub> ]	ổn định	ổn định	ổn định	ổn định	ổn định	Không ổn định
PVDF tẩm [BMIM][CH <sub>3</sub> COO]	ổn định	ổn định	ổn định	ổn định	ổn định	Không ổn định

**Bảng 2.** Độ thấm của CO<sub>2</sub> và CH<sub>4</sub> qua các màng tẩm chất lỏng ion

Màng tẩm chất lỏng ion	Độ thấm của khí đơn (m <sup>3</sup> /s.m)	
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
PVDF tẩm chất lỏng ion [BMIM][BF <sub>4</sub> ]	3,16.10 <sup>-10</sup>	2,19.10 <sup>-11</sup>
PES tẩm chất lỏng ion [BMIM][BF <sub>4</sub> ]	4,99.10 <sup>-10</sup>	3,67.10 <sup>-11</sup>
PVDF tẩm chất lỏng ion [BMIM][CH <sub>3</sub> COO]	2,63.10 <sup>-10</sup>	2,17.10 <sup>-11</sup>
PES tẩm chất lỏng ion [BMIM][CH <sub>3</sub> COO]	2,39.10 <sup>-10</sup>	2,23.10 <sup>-11</sup>

**Bảng 3.** Độ chọn lọc lý tưởng và hiệu suất tách lý tưởng của các màng tẩm chất lỏng ion

Màng tẩm chất lỏng ion	Độ chọn lọc lý tưởng CO <sub>2</sub> /CH <sub>4</sub>	Hiệu suất tách lý tưởng (%)
PVDF tẩm chất lỏng ion [BMIM][BF <sub>4</sub> ]	14,43	93,52
PES tẩm chất lỏng ion [BMIM][BF <sub>4</sub> ]	13,6	93,15
PVDF tẩm chất lỏng ion [BMIM][CH <sub>3</sub> COO]	12,12	92,38
PES tẩm chất lỏng ion [BMIM][CH <sub>3</sub> COO]	10,72	91,47

Độ chọn lọc lý tưởng của các màng tẩm chất lỏng ion đối với các khí cũng phụ thuộc vào loại chất lỏng ion và loại chất mang (màng polymer). Trong nghiên cứu này, màng PVDF tẩm chất lỏng ion [BMIM][BF<sub>4</sub>] thể hiện độ chọn lọc và hiệu suất tách lý tưởng cao nhất, tương ứng là 14,43% và 93,52%. Các màng còn lại cũng thể hiện hiệu suất tách lý tưởng khá cao, đều trên 90%.

##### 3.2.2. Độ chọn lọc của khí trong hỗn hợp

Để mô phỏng quá trình tách CO<sub>2</sub> trong thực tế, độ chọn lọc của hỗn hợp khí CO<sub>2</sub> và CH<sub>4</sub> với tỷ lệ 50:50 (theo thể tích) cũng được nghiên cứu tương tự như các khí đơn. Hỗn hợp khí được đưa vào ngăn nguyên liệu với độ chênh áp thích hợp với ngăn thấm. Sau khi tiến hành thực nghiệm, thành phần của khí thấm qua màng được xác định bằng phương pháp sắc ký khí. Độ chọn lọc của CO<sub>2</sub> và CH<sub>4</sub> khi thấm qua màng polymer tẩm chất lỏng ion được tính theo công thức (4).

Bảng 4 thể hiện kết quả về thành phần khí ở ngăn thấm, độ chọn lọc và hiệu suất tách của hỗn hợp khí.

Tương tự khí lý tưởng, độ chọn lọc và hiệu suất tách của màng PVDF tẩm chất lỏng ion [BMIM][BF<sub>4</sub>] đối với hỗn hợp khí cho giá trị cao nhất, tương ứng là 12,85% và 92,8%. Các giá trị về hiệu suất tách của các màng tẩm chất

**Bảng 4.** Thành phần khí ở ngăn thấm, độ chọn lọc và hiệu suất tách đối với hỗn hợp khí của các màng tấm chất lỏng ion

TT	Màng tấm chất lỏng ion	Hàm lượng CO <sub>2</sub> (%)	Hàm lượng CH <sub>4</sub> (%)	Độ chọn lọc ( $\alpha$ )	Hiệu suất tách (%)
1	PVDF tấm chất lỏng ion [BMIM][BF <sub>4</sub> ]	92,81	7,19	12,85	92,81
2	PES tấm chất lỏng ion [BMIM][BF <sub>4</sub> ]	92,19	7,81	11,72	92,19
3	PVDF tấm chất lỏng ion [BMIM][CH <sub>3</sub> COO]	91,30	8,70	10,40	91,30
4	PES tấm chất lỏng ion [BMIM][CH <sub>3</sub> COO]	90,71	9,29	9,77	90,71

**Bảng 5.** Sự thay đổi khối lượng của màng theo thời gian

Thời gian (ngày)	1	3	5	7	10	30
Khối lượng [BMIM][BF <sub>4</sub> ] trên màng PES (g)	0,2037	0,2034	0,2032	0,2032	0,2032	0,2032
Khối lượng [BMIM][CH <sub>3</sub> COO] trên màng PES (g)	0,2018	0,2015	0,2014	0,2014	0,2014	0,2014
Khối lượng [BMIM][BF <sub>4</sub> ] trên màng PVDF (g)	0,1592	0,1590	0,1590	0,1590	0,1588	0,1588
Khối lượng [BMIM] trên màng PVDF (g)	0,1394	0,1391	0,1390	0,1390	0,1390	0,1390

lỏng ion còn lại đều trên 90%. Mặc dù, các thực nghiệm trên mới chỉ giới hạn ở một tỷ lệ và thành phần nhất định của hỗn hợp khí, song kết quả về độ chọn lọc thu được cho thấy có thể sử dụng các màng polymer tấm chất lỏng ion cho quá trình tinh chế khí tự nhiên có chứa nhiều CO<sub>2</sub>.

Độ chọn lọc của màng tấm chất lỏng ion đối với hỗn hợp khí nhỏ hơn so với khí lý tưởng từ 10 - 12%. Điều này được lý giải như sau: trong hỗn hợp khí có sự cạnh tranh về sự thấm qua, trong khí nguyên chất không có hiện tượng này. Điều này có thể làm cho độ thấm của khí CO<sub>2</sub> giảm, dẫn tới làm giảm độ chọn lọc. Tuy nhiên, hiệu suất tách chỉ giảm từ 0,5 - 1%.

### 3.3. Độ ổn định của màng tấm chất lỏng ion

Sau 30 ngày sử dụng liên tục, các màng polymer tấm chất lỏng ion được kiểm tra khối lượng. Kết quả cho thấy, khối lượng của màng thay đổi rất ít trong những ngày đầu, sau đó ổn định. Đó là do một phần nhỏ lượng chất lỏng ion bám trên bề mặt ngoài của màng bị trôi đi trong quá trình thử nghiệm (Bảng 5). Các kết quả đo độ thấm và độ chọn lọc của các màng cũng không thay đổi. Từ đó có thể kết luận chất lỏng ion ổn định trên các màng chế tạo được.

## 4. Kết luận

Các màng polymer tấm chất lỏng ion trong nghiên cứu này có khả năng thấm thấu chọn lọc đối với CO<sub>2</sub> trong hỗn hợp với CH<sub>4</sub>. Hiệu suất tách của các màng tấm chất lỏng ion đạt trên 90%. Mặt khác, các màng tấm chất lỏng ion cũng khá ổn định trong các điều kiện tiến hành thực nghiệm. Các kết quả nghiên cứu cho thấy tiềm năng của màng tấm chất lỏng ion trong tinh chế khí tự nhiên, khí biomass... đặc biệt là các khí có hàm lượng CO<sub>2</sub> cao.

## Tài liệu tham khảo

1. Maqsood Ahmad Malik, Mohd Ali Hashim, Firdosa Nabi. *Ionic liquid in supported liquid membrane technology*. Chemical Engineering Journal. 2011; 171(1): p. 242 - 254.
2. Christina Myers, Henry Pennline, David Luebke, Jeffery Ilconich, Janeille K.Dixon, Edward J.Maginn, Joan F.Brennecke. *High temperature separation of carbon dioxide/hydrogen mixtures using facilitated supported ionic liquid membranes*. Journal of Membrane Science. 2008; 322(1): p. 28 -31.
3. F.J.Hernández-Fernández, A.P.de los Ríos, F.Tomás-Alonso, J.M.Palacios, G.Villora. *Preparation of supported ionic liquid membranes: influence of the ionic liquid immobilization method on their operational stability*. Journal of Membrane Science. 2009; 341(1-2): p. 172 - 177.
4. A.P.de los Ríos, F.J.Hernández-Fernández, F.Tomás-Alonso, J.M.Palacios, D.Gómez, M.Rubio, G.Villora. *A SEM-EDX study of highly stable supported liquid membranes based on ionic liquids* Journal of Membrane Science . 2007; 300(1 - 2): p. 88 - 94.
5. A.S.Kovvali, H.Chen, G.Obuskovic, S.Majumdar, K.K.Sirkar. *Immobilized liquid membranes for CO<sub>2</sub> separation*. Center for Membrane Technologies, Department of Chemical Engineering, Chemistry and Environmental Science, New Jersey Institute of Technology, Newark, NJ 07102.
6. Yingying Jiang, Wenting Wang, Lei Li, Zheng Zhou, Zhibing Zhang. *Permeability and selectivity of sulfur dioxide and carbon dioxide in supported ionic liquid membranes*. Chinese Journal of Chemical Engineering. 2009; 17(4): p. 594 - 601.

7. Hiroshi Takeuchi, Katsuroku Takahashi, Wataru Goto. *Some observation on the stability of supported liquid membranes*. Journal of Membrane Science. 1987; 34(1): p.19 - 31.
8. Eleanor D.Bates, Rebecca D.Mayton, Ioanna Ntai, James H.Davis. *CO<sub>2</sub> capture by a task-specific ionic liquid*. J. Am. Chem. Soc. 2002; 124: p. 926 - 927.
9. Weize Wu, Buxing Han, Haixiang Gao, Zhimin Liu, Tao Jiang, Jun Huang. *Desulfurization of flue gas: SO<sub>2</sub> absorption by an ionic liquid*. Angewandte Chemie International Edition. 2004; 43(18): p. 2415 - 2417.
10. Thomas Welton. *Room-temperature ionic liquids, solvents for synthesis and catalysis*. Chemical Reviews. 1999; 99(8): p. 2071 - 2083.
11. Seda Keskin, Defne Kayrak-Talay, Uğur Akman, Öner Hortaçsu. *A review of ionic liquids towards supercritical fluid applications*. The Journal of Supercritical Fluids. 2007; 43(1): p. 150 - 180.
12. Antonia P. de los Ríos, Francisco J.Hernández-Fernández, Manuel Rubio, Francisca Tomás-Alonso, Demetrio Gómez, Gloria Villora. *Prediction of the selectivity in the recovery of transesterification reaction products using supported liquid membranes based on ionic liquids*. Journal of Membrane Science. 2008; 307(2): p. 225 - 232.
13. Antonia P.de los Ríos, Francisco J.Hernández-Fernández, Manuel Rubio, Francisca Tomás-Alonso, Demetrio Gómez, Gloria Villora. *On the importance of the nature of the ionic liquids in the selective simultaneous separation of the substrates and products of a transesterification reaction through supported ionic liquid membranes*. Journal of Membrane Science. 2008; 307(2), p. 233 - 238.
14. Paul Scovazzo, Jesse Kieft, Daniel A.Finan, Carl Koval, Dan DuBois, Richard Noble. *Gas separations using non-hexafluorophosphate [PF<sub>6</sub>]<sup>-</sup> anion supported ionic liquid membranes*. Journal of Membrane Science. 2004; 238(1 - 2): p. 57 - 63.
15. Jeffery Ilconich, Christina Myers, Henry Pennline, David Luebke. *Experimental investigation of the permeability and selectivity of supported ionic liquid membranes for CO<sub>2</sub>/He separation at temperatures up to 125°C*. Journal of Membrane Science. 2007; 298(1 - 2): p. 41 - 47.
16. Bùi Thị Lệ Thủy. *Nghiên cứu quá trình mang chất lỏng ion lên màng polymer định hướng cho quá trình tách khí CO<sub>2</sub> khỏi hỗn hợp với khí hydrocarbon*. Tạp chí Dầu khí. 2013; 3: trang 45 - 50.
17. P.Luis, L.A.Neves, C.A.M.Afonso, I.M.Coelho, J.G.Crespo, A.Garea, A.Irabien. *Facilitated transport of CO<sub>2</sub> and SO<sub>2</sub> through supported ionic liquid membranes (SILMs)*. Desalination. 2009; 245(1 - 3): p. 485 - 493.
18. E.L.Cussler. *Diffusion mass transfer in fluid systems, 2<sup>nd</sup> edition*. Cambridge University Press, USA. 1997.
19. Tai-Shung Chung, Lan Ying Jiang, Yi Li, Santi Kulprathipanja. *Mixed matrix membranes (MMMs) comprising organic polymers with dispersed inorganic fillers for gas separation*. Progress in Polymer Science. 2007. 32: p. 483 - 507.
20. S.H.Barghi, M.Adibib, D.Rashtchian. *An experimental study on permeability, diffusivity, and selectivity of CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> through [BMIM][PF<sub>6</sub>] ionic liquid supported on an alumina membrane: Investigation of temperature fluctuations effects*. Journal of Membrane Science. 2010; 362 (1 - 2): p. 346 - 352.
21. Luísa A.Neves, João G.Crespo, Isabel M.Coelho. *Gas permeation studies in supported ionic liquid membranes*. Journal of Membrane Science. 2010; 357(1 - 2): p. 160 - 170.

## Investigation of CO<sub>2</sub> separation from the CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub> gas mixture using supported ionic liquid membranes

Bui Thi Le Thuy, Nguyen Van Luc  
Hanoi University of Mining and Geology

### Summary

**Some supported ionic liquid membranes (SILMs) were prepared from polyvinylidene fluoride (PVDF), polyethersulfone (PES) membranes and ionic liquids butyl methyl imidazolium tetrafluoroborate ([BMIM][BF<sub>4</sub>]), butyl methyl imidazolium acetate ([BMIM][CH<sub>3</sub>COO]). Prepared SILMs were used for CO<sub>2</sub> separation from the CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub> gas mixture. The results showed that the ideal selectivity 10.72 ÷ 14.43 and the real selectivity 9.77 ÷ 12.85 of SILMs for CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub> were observed (separation yields reached 90 ÷ 93%.) The mass and selectivity of SILMs were stable after working continuously for 30 days. These results exhibit the promising potential of using SILMs for CO<sub>2</sub> separation processes.**