

KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG MÀNG TẮM CHẤT LỎNG ION ĐỂ TÁCH CO₂ RA KHỎI KHÍ TỰ NHIÊN

Tóm tắt

Với những khí tự nhiên có hàm lượng CO₂ cao thì việc tách khí CO₂ ra khỏi khí tự nhiên là một bước không thể thiếu trong quá trình tinh chế khí. Nhiều phương pháp tách CO₂ đang được nghiên cứu và sử dụng, trong đó có phương pháp sử dụng màng polymer tẩm chất lỏng ion (SILM). Bài báo trình bày tóm tắt về các phương pháp chế tạo màng, cơ chế và khả năng ứng dụng của màng mang chất lỏng ion để tách CO₂ ra khỏi khí tự nhiên.

1. Mở đầu

Để tách thành phần CO₂ trong khí tự nhiên, có một số phương pháp đang được sử dụng tại Việt Nam như: công nghệ sử dụng dung môi hóa học, dung môi vật lý, dung môi hóa lý, công nghệ sử dụng màng, công nghệ rây phân tử. Tuy nhiên, các công nghệ sử dụng dung môi hóa học chỉ được áp dụng cho khí thiên nhiên có hàm lượng CO₂ không quá 40%. Dung môi vật lý (có ưu điểm: dung môi không độc, không ăn mòn, rẻ, bền, chi phí thấp) nhưng lại có nhược điểm là khả năng tách CO₂ chưa cao, ứng dụng còn hạn chế, hao hụt hydrocarbon lớn, khả năng hấp thụ CO₂ giảm khi có mặt hợp chất lưu huỳnh hoặc áp suất riêng của CO₂ thấp (so với công nghệ amine). Công nghệ rây phân tử có ưu điểm vận hành dễ dàng và không cần phải tách hydrate ở khâu thượng nguồn, song chi phí lắp đặt khá cao, tương đương chi phí lắp đặt phân xưởng xử lý amin [1].

Qua nghiên cứu, nhóm tác giả nhận thấy công nghệ màng rất phù hợp với việc tách khí có hàm lượng CO₂ cao, đồng thời có nhiều ưu điểm: dễ vận hành, chi phí vận hành và lắp đặt thấp, kích thước nhỏ gọn, cho phép lắp đặt ở dạng module chắc chắn, trọng lượng nhỏ, dễ nâng cấp, có quy mô công suất lớn, có thể lắp đặt ngoài khơi, linh hoạt trong việc thay đổi nguyên liệu. Hiện nay, màng tách CO₂ được thương mại hóa là loại màng làm từ các polymer như: cellulose acetate, polyimide, polysulfone, polycarbonate, polyesterimide. Loại màng được dùng phổ biến nhất là cellulose acetate. Tuy nhiên, công nghệ màng vẫn còn một số hạn chế cần khắc phục như: chưa làm việc tốt ở áp suất, nhiệt độ cao và giảm khả năng làm việc của màng khi hàm lượng hơi nước cao [2].

Một số nghiên cứu gần đây cho rằng, màng tẩm chất lỏng để tách CO₂ có nhiều ưu việt hơn [3, 4]. Hệ này gồm một dung môi/dung dịch được tẩm lên vật liệu màng có cấu trúc lỗ xốp như polymer hay gốm. Quá trình tách CO₂ sử dụng màng có cấu trúc như trên được kết hợp cả quá trình chiết và tách, cần ít dung môi hơn so với quá trình chiết sử dụng dung môi truyền thống. Đồng thời, khả năng thấm khí và độ chọn lọc với khí cần tách cao hơn so với màng polymer không tẩm chất lỏng thông thường nếu lựa chọn được dung môi thích hợp [5, 6]. Có thể kết nối hệ này với các thiết bị phân tích do không sử dụng áp suất cao.

Màng polymer tẩm chất lỏng ion là một hướng nghiên cứu đang được quan tâm trong tinh chế khí, tách loại CO₂ ra khỏi khí tự nhiên do có các đặc tính ưu việt: thân thiện môi trường, khả năng loại sâu được CO₂ và công suất làm việc lớn nhờ việc bố trí một diện tích màng lớn.

2. Màng polymer tẩm chất lỏng ion

2.1. Chất lỏng ion

Chất lỏng ion là muối hữu cơ có đặc trưng là điểm nóng chảy thấp, trạng thái lỏng của muối ở nhiệt độ thấp hoặc dưới một nhiệt độ nhất định, thường ở 100°C [7]. Chất lỏng ion được cấu thành bởi các cation (ion dương) và anion (ion âm). Các cation, anion thường được sử dụng để tạo ra chất lỏng ion gồm: 1-alkyl-3-methylimidazolium, 1-alkyl pyridine, hexafluorophosphate, 1-butyl-3-methylimidazolium nitrate, 1-butyl-3-methylimidazolium hexafluorophosphate, nitrate, tetrafluoroborate, triflate... [8]. Một số tính chất hóa lý và ứng dụng của chất lỏng ion được thể hiện trong Hình 1 [8].

2.2. Màng thẩm chất lỏng ion

2.2.1. Vật liệu màng

Màng polymer được dùng để thẩm chất lỏng ion là những màng mỏng có lỗ xốp, đường kính lỗ màng từ vài trăm Å đến vài chục micromet. Chúng được chế tạo từ những hợp chất hữu cơ, một số màng polymer thường sử dụng như: polyethersulfone (PES), polytetrafluoroethylene (PTFE), polyvinylidene fluoride (PVDF)... Cấu trúc của các màng này được thể hiện trong Hình 2.

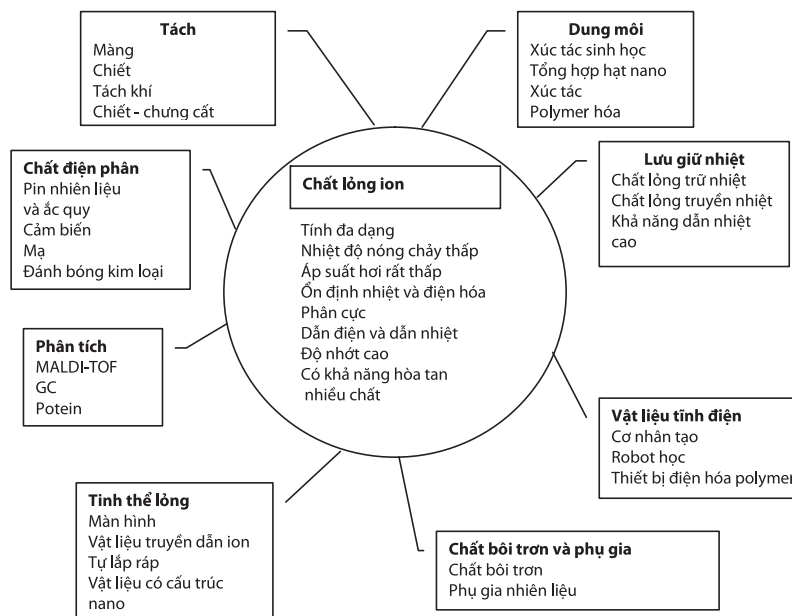
2.2.2. Phương pháp chế tạo màng mang chất lỏng ion

Hình 3 cho thấy cấu trúc màng thẩm chất lỏng ion [9]. Do chất lỏng ion có độ nhớt tương đối cao nên nó có thể dễ dàng được cố định trong các lỗ màng [10]. Có 3 phương pháp thường được sử dụng để chế tạo các màng mang chất lỏng ion: ngâm tẩm trực tiếp, sử dụng áp lực, sử dụng chân không [11 - 13]. Trong trường hợp đầu, sự cố định chất lỏng ion trong màng được thực hiện bằng cách cho màng cần tẩm tiếp xúc trực tiếp với chất lỏng ion, cho phép màng thẩm chất lỏng [11].

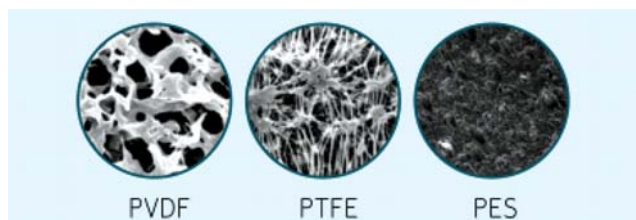
Trong phương pháp áp lực, sự thẩm chất lỏng ion được thực hiện bằng cách đặt màng trong một bộ siêu lọc, cho thêm một lượng chất lỏng ion và dùng áp lực của khí nitơ để cưỡng bức chất lỏng ion đi vào bên trong các lỗ màng, do đó chất lỏng ion sẽ thế chỗ không khí trong các lỗ màng [12].

Trong phương pháp chân không, màng mang được ngâm chìm trong chất lỏng ion và được đưa vào môi trường chân không để loại bỏ hoàn toàn không khí trong các lỗ màng [13]. Sau đó, sử dụng giấy lụa để thẩm hút lượng dư của chất lỏng ion trên bề mặt màng.

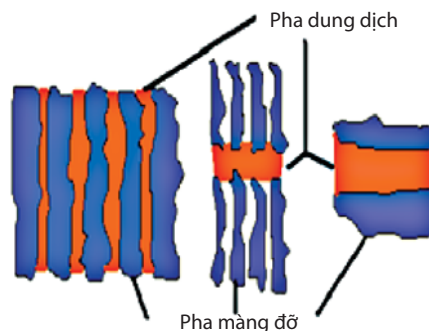
You-In Park và các cộng sự đã nghiên cứu phương pháp chế tạo một loại màng mang chất lỏng ion mới [14]. Màng mang chất lỏng ion được chế tạo bởi quá trình tách đa pha với tách pha nhiệt độ thấp và tách pha nhiệt độ cao. Đầu tiên, màng mang và chất lỏng ion được hòa tan trong dung môi để tạo dung dịch đúc. Sau đó, dung dịch đúc được khuấy trộn, đúc và làm khô, độ ẩm tương đối được điều khiển ở mức nhất định cho bước hóa hơi dung môi. Tiếp theo tiến hành tách pha nhiệt độ thấp, màng đúc được tách pha nhiệt độ cao. Sau cùng, màng được giữ trong chân không để loại bỏ dung môi còn dư.



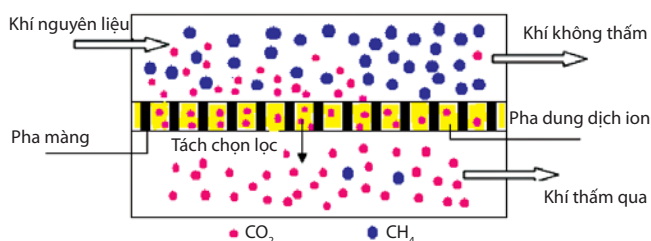
Hình 1. Các tính chất hóa lý và ứng dụng của chất lỏng ion



Hình 2. Cấu trúc của màng PVDF, PTFE, PES



Hình 3. Cấu trúc màng thẩm chất lỏng ion



Hình 4. Cơ chế tách khí CO₂ sử dụng màng mang chất lỏng ion

3. Nguyên lý hoạt động của màng

3.1. Cơ chế

Hình 4 thể hiện sự vận chuyển của khí CO₂ qua màng mang chất lỏng ion theo cơ chế hòa tan - khuếch tán [10, 15 -18]. Cơ chế vận chuyển khí CO₂ qua màng gồm 4 bước sau:

- Bước 1: Khí CO₂ được hấp phụ lên bề mặt phân chia pha màng - nguyên liệu;

- Bước 2: Khí CO₂ được hấp thụ vào trong chất lỏng ion được cố định bên trong màng;

- Bước 3: Sự khuếch tán của khí qua màng mang chất lỏng ion. Đây là các giai đoạn quan trọng đóng vai trò quyết định cơ chế hoạt động của màng;

- Bước 4: Khí CO₂ được giải hấp ở mặt thấm qua của màng. Có thể sử dụng khí trơ (N₂) để giảm nồng độ của CO₂ trên bề mặt màng, tạo điều kiện cho sự giải hấp được diễn ra thuận lợi. Phương pháp này được dùng trong trường hợp không cần thu hồi CO₂ cho mục đích khác.

So với việc sử dụng màng polymer không tẩm chất lỏng thì quá trình tách khí CO₂ sử dụng màng tẩm chất lỏng ion nhanh hơn do tốc độ khuếch tán khí qua chất lỏng nhanh hơn chất rắn. Bên cạnh đó, khả năng thấm khí và độ chọn lọc với khí cần tách cao hơn so với màng polymer không tẩm chất lỏng thông thường nếu lựa chọn được dung môi thích hợp. Có thể kết nối hệ này với các thiết bị phân tích do không sử dụng áp suất cao.

3.2. Độ thấm

Độ thấm lý tưởng (P_i) của mỗi khí trong mỗi SILM được tính từ dòng thấm qua màng (J_i), độ dày của màng (l) và độ sụt áp qua màng (ΔP_i) [10, 19, 20] được thể hiện trong công thức (1):

$$P_i = J_i \frac{l}{\Delta p_i} \quad (1)$$

Trong các thí nghiệm, độ thấm của khí nguyên chất có thể được tính theo công thức (2) [15 - 17].

$$\frac{1}{\beta} \ln \left(\frac{[P_{feed} - P_{perm}]_0}{[P_{feed} - P_{perm}]} \right) = \frac{1}{\beta} \ln \left(\frac{\Delta p_0}{\Delta p} \right) = P \frac{t}{l} \quad (2)$$

Trong đó:

p_{feed} và p_{perm} là áp suất trong ngăn nguyên liệu và ngăn thấm (Pa);

P là độ thấm của màng (m²s⁻¹);

t là thời gian (s);

l là độ dày của màng (m).

Thông số hình học β đặc trưng cho hình dạng của bình được thể hiện trong công thức (3) [16, 17, 18]:

$$\beta = A \times \left(\frac{1}{V_{feed}} + \frac{1}{V_{perm}} \right) \quad (3)$$

Trong đó:

A là diện tích màng (m²);

V_{feed} và V_{perm} là thể tích của ngăn nguyên liệu và ngăn thấm (m³).

Có thể thấy rằng, độ thấm của các phân tử qua màng được kiểm soát chủ yếu qua hai nhân tố là độ tan và độ khuếch tán của khí trong màng tẩm chất lỏng ion [19]. Sự tăng lên của S hay D đều dẫn tới sự tăng lên của độ thấm.

3.3. Độ chọn lọc

Độ chọn lọc lý tưởng α_{A/B} có thể được xác định bởi các độ thấm riêng của 2 khí nguyên chất khác nhau (A và B) [9, 18, 19]. Độ chọn lọc được biểu diễn bởi độ tan (S) và độ khuếch tán (D) của mỗi khí như trong công thức (4):

$$\alpha_{A/B} = \frac{P_A}{P_B} = \frac{S_A \times D_A}{S_B \times D_B} \quad (4)$$

Trong các thí nghiệm về hỗn hợp khí, độ chọn lọc (α_{A/B}) được thể hiện trong công thức (5) [21]:

$$\alpha_{A/B} = \frac{y_A/x_A}{y_B/x_B} \quad (5)$$

Trong đó:

y_A và y_B là phần mol của khí A và khí B trong ngăn thấm;

x_A và x_B là phần mol của khí A và khí B trong ngăn nguyên liệu.

4. Khả năng ứng dụng

4.1. Hiệu quả tách

Hiệu quả tách khí CO₂ ra khỏi khí tự nhiên sử dụng SILM được đánh giá dựa trên hai thông số: độ thấm của CO₂ và độ chọn lọc của CO₂/CH₄ qua SILM. Bảng 1 thể hiện các giá trị về độ thấm và độ chọn lọc thu được với các màng mang chất lỏng ion khác nhau dựa trên các số liệu nghiên cứu có sẵn [25 - 27].

Theo Bảng 1, cấu trúc của chất lỏng ion có ảnh hưởng quyết định đến độ chọn lọc và độ thấm của màng, ví dụ như ở 2 chất lỏng ion [C₃NH₂mim][Tf₂N] và [C₃NH₂mim][CF₃SO₃] cùng được tẩm trên màng PTFE xốp, ưa nước nhưng với các anion khác nhau thì độ thấm và độ chọn lọc có sự khác biệt. Cụ thể, độ thấm của CO₂ và độ chọn lọc CO₂/CH₄ lần lượt là 1.300 barrer và 100, còn đối với [C₃NH₂mim][CF₃SO₃] thì các giá trị đó lần lượt là 2.600 barrer và 120. Ngoài ra, loại màng được sử dụng để tẩm chất lỏng ion cũng ảnh hưởng tới độ thấm và độ chọn lọc của chất khí qua màng.

Bảng 1. Độ thấm và độ chọn lọc thu được với các loại màng mang chất lỏng ion

Chất lỏng ion	Màng	Kích thước lỗ (μm)	Độ dày (μm)	Độ thấm CO ₂ (barrer)	Độ thấm CH ₄ (barrer)	Độ chọn lọc CO ₂ /CH ₄	Tài liệu tham khảo
[Emim][Tf ₂ N] (ethyl methylimidazole bis (trifluoromethane sulfonyl) amit)	PES xếp, ưa nước	0,20	152	1.050	94 ± 4	11	24
[Emim][dca] (ethyl methylimidazole decyanamide)	PES xếp, ưa nước	0,20	152	610 ± 20	31 ± 2	20	24
[C ₃ NH ₂ mim][Tf ₂ N] (N-amino-propyl-3-methylimidazole bis(trifluoromethyl sulfonyl) imit)	PTFE xếp, ưa nước	0,10	35	1.300	13	100	25
[C ₃ NH ₂ mim][CF ₃ SO ₃] (N-amin-propyl-3-methylimidazole triflouromethane sulfone)	PTFE xếp, ưa nước	0,10	35	2.600	21	120	25
[Emim][CF ₃ SO ₃] (1-ethyl-3-methylimidazole triflouromethanesulfone)	PVDF xếp, kỵ nước	0,22	150	486	21,1	23,1	26

Gần đây, LA.Neves và cộng sự [21] khi nghiên cứu về độ thấm của một số khí qua màng mang chất lỏng ion đã công bố các kết quả về độ thấm chọn lọc của CO₂ so với CH₄ khá cao (Bảng 2) [21]. Theo Bảng 2, độ chọn lọc của cặp khí CO₂/CH₄ cao hơn so với độ chọn lọc của cặp CO₂/N₂. Đặc biệt, với chất lỏng ion [C₄MIM][PF₆] thì độ chọn lọc đối với hỗn hợp khí CO₂/CH₄ là 200, tỷ lệ chọn lọc đạt khoảng 99,5%.

Tất cả các kết quả về độ chọn lọc cũng như độ thấm trong Bảng 1 và 2 đã mở ra một hướng nghiên cứu mới trong việc tinh chế khí tự nhiên đó là phương pháp sử dụng màng tấm chất lỏng ion.

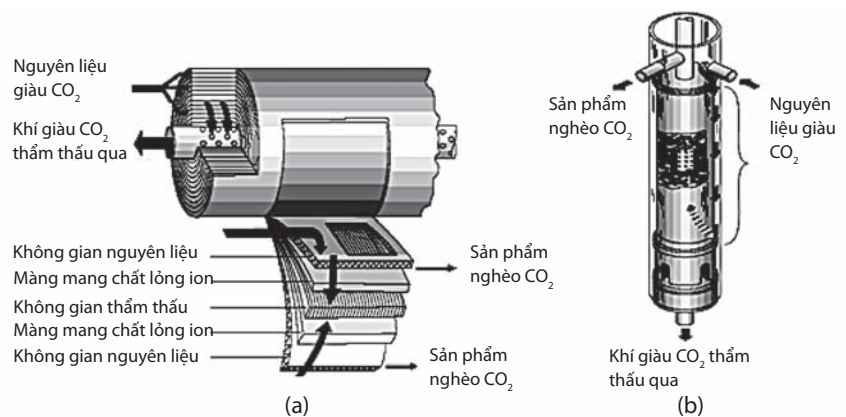
4.2. Một số loại module màng có thể sử dụng mang chất lỏng ion để tách CO₂

Có 2 loại module màng có thể sử dụng để mang chất lỏng ion: module phẳng (dạng có cấu trúc nhiều lớp) và module sợi rỗng (dạng màng lỗ nano) [28]. Dạng phẳng là sự kết hợp điển hình bởi các lớp cuộn vào nhau có mặt cắt hình xoắn ốc, dạng sợi rỗng là sự kết hợp từ các bó sợi tương tự như vỏ [29].

Một số màng tấm chất lỏng ion được làm từ màng

Bảng 2. Độ chọn lọc CO₂/N₂ và CO₂/CH₄ với các chất lỏng ion khác nhau

Màng	Chất lỏng ion	Độ chọn lọc CO ₂ /N ₂		Độ chọn lọc CO ₂ /CH ₄	
		Lý tưởng	Hỗn hợp khí	Lý tưởng	Hỗn hợp khí
PVDF kỵ nước, độ dày 129 μm, kích thước lỗ 0,22 μm	[C ₄ MIM][PF ₆]	23 ± 0,5	20 ± 1,6	228 ± 1,5	200 ± 1,5
	[C ₄ MIM][Tf ₂ N]	39 ± 0,1	30 ± 0,5	187 ± 1,7	161 ± 0,5
	[C ₈ MIM][PF ₆]	23 ± 0,5	21 ± 0,5	105 ± 1,5	98 ± 0,5
	[C ₁₀ MIM][BF ₄]	22 ± 0,1	Không có sẵn	69 ± 1,3	Không có sẵn



Hình 5. Các module màng có khả năng sử dụng để mang chất lỏng ion để tách khí CO₂ ra khỏi khí tự nhiên (a) màng phẳng, (b) màng sợi rỗng

polymer PTFE, PVDF và PES đang được sử dụng trong nhiều nghiên cứu để tách CO₂/CH₄ và cho kết quả khả quan, do đó có thể nghiên cứu sử dụng màng này để chế tạo các module màng tấm chất lỏng ion cho quá trình tách khí [10, 21, 26].

Vì chất lỏng ion gần như không bay hơi ở hầu hết các điều kiện và không tan nên màng polyme tấm chất lỏng

ion ổn định và không bị trôi vào môi trường hay pha khí khi tiếp xúc. Màng polymer hấp phụ chất lỏng ion bền hơn màng polymer hấp phụ chất lỏng thông thường (ethyleneglycol, diethanolamine...) là do chất lỏng ion có lực tương tác với mao quản của màng polymer lớn hơn và có độ nhớt cao hơn. Do đó, làm giảm sự di chuyển của chất lỏng khỏi vi mao quản dưới tác dụng của áp suất.

Chất lỏng ion có nhiều tính chất rất phù hợp để chế tạo vật liệu màng như: ổn định nhiệt, hóa học, thay đổi cấu trúc để điều chỉnh được các tính chất mong muốn. Chất lỏng ion gần như không bay hơi nên không bị hao hụt dung môi. Lượng chất lỏng ion dùng mang lên màng polymer nhỏ nên giá thành của vật liệu không cao. Ngoài ra, chất lỏng ion có khả năng tái sinh và tái sử dụng cao, góp phần giảm ô nhiễm môi trường. Từ đó, có thể mở rộng khả năng ứng dụng màng polymer hấp phụ chất lỏng ion để tách khí trong các trường hợp khác nhau: tách CO₂ trong khí biomass, khí hóa than, khí thải...

5. Kết luận

Độ thấm và độ chọn lọc khá cao của SILM trong các nghiên cứu về khả năng tách CO₂ trong hỗn hợp khí CO₂/CH₄ cho thấy có thể sử dụng màng tấm chất lỏng để tinh chế khí, tách loại CO₂ ra khỏi hỗn hợp khí tự nhiên. Trong thực tế công nghiệp có thể sử dụng màng polymer tấm chất lỏng ion để chế tạo thành các module, với diện tích tiếp xúc pha lớn. Các tiêu chuẩn ngày càng nghiêm ngặt đối với hàm lượng CO₂ trong khí tự nhiên và thực tế các mỏ khí khai thác hiện nay có lẫn CO₂ với hàm lượng lớn thì đòi hỏi công nghệ phải phù hợp hơn. Vì vậy, việc ứng dụng công nghệ tinh chế khí tự nhiên sử dụng màng polymer tấm chất lỏng ion là bước đi mới có tính khả thi cao.

TS. Bùi Thị Lệ Thủy, ThS. Hồ Văn Sơn
KS. Nguyễn Văn Lược, KS. Nguyễn Văn Sơn
KS. Nguyễn Thanh Bình (giới thiệu)

Tài liệu tham khảo

1. Đỗ Chuyên Khoa. *Giới thiệu các công nghệ xử lý CO₂ tại một số mỏ khí và lựa chọn công nghệ xử lý CO₂ tại bể Sông Hồng*. Đồ án tốt nghiệp Đại học Mở - Địa chất. 2011: p. 50.
2. Ritter, A.James, Ebner, D.Armin. *State-of-the-art adsorption and membrane separation processes for hydrogen production in the chemical and petrochemical industries*. Separation Science and Technology. 2007; 42: p. 1123 - 1193.
3. M.Teramoto, N.Takeuchi, T.Maki, H.Matsuyama. *Gas separation by liquid membrane accompanied by permeation of membrane liquid through membrane physical transport*. Separation and Purification Technology. 2001; 24: p. 101 - 112.
4. A.Ito, S.Duan, Y.Ikenori, A.Ohkawa. *Permeation of wet CO₂/CH₄ mixed gas through a liquid membrane supported on surface of a hydrophobic microporous membrane*. Separation and Purification Technology. 2001; 24: p. 235 - 242.
5. R.D. Noble, J.D. Way. *Description of facilitated transport and environmental applications*. Membrane processes in separation and purification, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 1994: p. 316 - 342.
6. R.A.Bartsch, J.D.Way. *Chemical separations with liquid membranes*. ACS symposium series 642, American Chemical Society, Washington, DC. 1996.
7. Peter Wasserscheid, Thomas Welton. *Ionic liquids in synthesis*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA. 2002.
8. Maqsood Ahmad Malik, Mohd Ali Hashim, Firdosa Nabi. *Ionic liquids in supported liquid membrane technology*. Chemical Engineering Journal. 2011; 171: p. 242 - 254.
9. Alexander Kokorin. *Ionic liquids: Applications and perspectives*. Janeza Trdine 9, 51000 Rijeca, Croatia.
10. L.J.Lozano, C.Godínez, A.P.delos Ríos, F.J.Hernández-Fernández, S.Sánchez-Segado, F.J.Alguacil. *Recent advances in supported ionic liquid membrane technology*. Journal of Membrane Science. 2011; 376: p. 1 - 14.
11. P.Scovazzo, J.Kieft, D.A.Finan, C.Koval, D.DuBois, R.Noble. *Gas separations using non-hexafluorophosphate anion supported ionic liquid membranes*. Journal of Membrane Science. 2004; 238: p. 57 - 63.
12. F.J.Hernández-Fernández, A.P.de los Ríos, F.Tomás-Alonso, D.Gómez, G.Víllora. *Preparation of supported ionic liquid membranes: influence of the ionic liquid immobilization method on their operational stability*. Journal Membrane Science. 2009; 341: p. 172 - 177.
13. R.Fortunato, M.J.González-Muñoz, M.Kubasiwicz, S.Luque, J.R.Alvarez, C.A.M.Afonso, I.M.Coelhoso, J.G.Crespo. *Liquid membranes using ionic liquids: the influence of water on solute transport*. Journal of Membrane Science. 2005; 249: p.153 - 162.
14. You-In Park, Beom-Sik Kim, Yong-Hoon Byun, Sang-Hak Lee, Eun-Woo Lee, Jung-Min Lee. *Preparation of supported ionic liquid membranes (SILMs) for the removal of acidic gases from crude natural gas*. Desalination. 2009; 236: p. 342 - 348.

15. D.D.Iarikov, P.Hacarlioglu, S.T.Oyama. *Supported room temperature ionic liquid membranes for CO₂/CH₄ separation*. Chemical Engineering Journal. 2011; 166: p. 401 - 406.
16. P.Scovazzo, J.Kieft, D.A.Finan, C.Koval, D.DuBois, R.D.Noble. *Gas separations using non-hexafluorophosphate [PF₆]⁻ anion supported ionic liquid membranes*. Journal Membrane Science. 2004; 238: p. 57.
17. P.Scovazzo, D.Havard, M.McShea, S.Mixon, D.Morgan. *Long-term, continuous mixed-gas dry fed CO₂/CH₄ and CO₂/N₂ separation performance and selectivities for roomtemperature ionic liquid membranes*. J.Membr. Sci. 2009; 327: p. 41 - 48.
18. Q.Gan, D.Rooney, M.Xue, G.Thompson, Y.Zou. *An experimental study of gas transport and separation properties of ionic liquids supported on nanofiltration membranes*. J. Membr. Sci. 2006; 280: p. 948 - 956.
19. Jason E.Bara, Christopher J.Gabriel, Trevor K.Carlisle, Dean E.Camper, Alexia Finotello, Douglas L.Gin, Richard D.Noble. *Gas separations in fluoroalkyl-functionalized room-temperature ionic liquids using supported liquid membranes*. Chemical Engineering Journal. 2009; 147: p. 43 - 50.
20. S.H.Barghi, M. Adibib, D.Rashtchian. *An experimental study on permeability, diffusivity, and selectivity of CO₂ and CH₄ through [bmim][PF₆] ionic liquid supported on an alumina membrane: Investigation of temperature fluctuations effects*.
21. Luísa A. Neves, João G.Crespo, Isabel M.Coelhoso. *Gas permeation studies in supported ionic liquid membranes*. Journal of Membrane Science. 2010; 357: p. 160 - 170.
22. P.Luis, L.A.Neves, C.A.M.Afonso, I.M.Coelhoso, J.G.Crespo, A.Garea, A.Irabien. *Facilitated transport of CO₂ and SO₂ through supported ionic liquid membranes (SILMs)*. Desalination.2009; 245: p. 485 - 493.
23. E.L. Cussler, Diffusion. *Mass transfer in fluid systems*, 2nd ed. Cambridge University Press, USA. 1997.
24. Tai-Shung Chung, Lan Ying Jiang, Yi Li, Santi Kulprathipanja. *Mixed matrix membranes (MMMs) comprising organic polymers with dispersed inorganic fillers for gas separation*. Progres in Polymer Science. 2007; 32: p. 483 - 507.
25. Paul Scovazzo, Jesse Kieft, Daniel A. Finan, Carl Koval, Dan DuBois, Richard Noble. *Gas separations using non-hexafluorophosphate [PF₆]⁻ anion supported ionic liquid membranes*. Journal of Membrane Science. 2004; 238: p. 57 - 63.
26. Shoji Hanioka, Tatsuo Maruyama, Tomohiro Sotania, Masahiro Teramoto, Hideto Matsuyama, Kazunori Nakashima, Misa Hanaki, Fukiko Kubota, Masahiro Goto. *CO₂ separation facilitated by task-specific ionic liquids using a supported liquid membrane*. Journal of Membrane Science. 2008; 314: p. 1 - 4.
27. Petra Cserjési, Nándor Nemestóthy, Katalin Bélafi-Bakó. *Gas separation properties of supported liquid membranes prepared with unconventional ionic liquids*. Journal of Membrane Science. 2010; 349: p. 6 -11.
28. A.Figoli. *Liquid membrane in gas separations*, Institute of membrane technology (ITM-CNR). Via P. Bucci 17/c, 87040 Rende (CS), Italy.
29. David Dortmund, Kishore Doshi. *Recent developments in CO₂ removal membrane technology*.

Application potential of supported ionic liquid membranes in CO₂ separation from natural gas

Bui Thi Le Thuy, Ho Van Son
Nguyen Van Luc, Nguyen Van Son
 Hanoi University of Mining and Technology
Nguyen Thanh Binh
 Vietnam Air Petrol Company Limited

Summary

CO₂ separation from natural gas having high content of CO₂ is very important in purifying processes. Among the many methods which have been investigated, using supported ionic liquid membranes (SILM) shows promising results. This article briefly presents the SILM preparation process, the CO₂ separation mechanism and the application potential of supported ionic liquid membranes in CO₂ separation from natural gas.