

ẢNH HƯỞNG CỦA CƯỜNG ĐỘ SỤC KHÍ ĐẾN HIỆN TƯỢNG TẮC MÀNG LỌC TRONG HỆ THỐNG XỬ LÝ NƯỚC THẢI SINH HOẠT BẰNG PHƯƠNG PHÁP SINH HỌC KẾT HỢP LỌC MÀNG

Effects of Aeration Intensity on Membrane Fouling in A Membrane Bioreactor Treating Domestic Wastewater

Đỗ Khắc Uẩn^{1,2*}, Ick T. Yeom²

¹ Viện Khoa học và Công nghệ Môi trường, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

² Department of Civil and Environmental Engineering, Sungkyunkwan University, Korea

* Địa chỉ email tác giả liên hệ: dokhacuan@yahoo.com

Ngày gửi bài: 15.10.2011

Ngày chấp nhận: 15.01.2012

TÓM TẮT

Vấn đề tắc màng lọc là một trong những trở ngại lớn gây cản trở ứng dụng công nghệ sinh học kết hợp lọc màng cho xử lý nước thải. Hệ thống sục khí đóng vai trò quyết định đến việc ngăn ngừa cặn bám trên bề mặt màng lọc. Nghiên cứu đã xác định được ảnh hưởng của cường độ sục khí đến tốc độ các dòng chảy trong bể phản ứng và ảnh hưởng của nó đến hiện tượng tắc màng lọc. Cụ thể, tốc độ dòng chảy tăng lên khi tăng cường độ sục khí. Khi cường độ sục khí tăng từ 0,014 đến 0,069 L/cm²/phút, tốc độ dòng chảy tăng lên với tốc độ khá lớn. Khi cường độ sục khí lớn hơn 0,069 L/cm²/phút, tốc độ dòng chảy không đáng kể. Trở lực màng lọc tăng nhanh khi tốc độ dòng chảy thấp hơn tốc độ dòng tới hạn (30,5 cm/s). Khi tốc độ dòng chảy lớn hơn 30,5 cm/s, trở lực màng lọc tăng không đáng kể. Do vậy, để hạn chế hiện tượng tắc màng lọc và nhằm kéo dài thời gian vận hành, lưu lượng sục khí cần được điều chỉnh để đảm bảo tốc độ dòng lớn hơn giá trị tới hạn.

Từ khóa: Cường độ sục khí, nước thải, tắc màng, tốc độ dòng chảy

SUMMARY

Membrane fouling is one of the great challenges for application of membrane bioreactor technology to wastewater treatment. Aeration system is a key factor to avoid the sludge cumulated on the membrane surface. The effects of aeration intensity on the cross flow velocity and membrane fouling were determined in this study. As a result, the cross flow velocity was increased with increasing in aeration intensity. When aeration intensity was increased from 0.014 to 0.069 L/cm²/min, the cross flow velocity was increased rapidly. However, it was almost unchanged when aeration intensity was higher than 0.069 L/cm²/min. The transmembrane pressure was also increased quickly when the cross flow velocity was lower than the critical velocity (30.5 cm/s). When the cross flow velocity was higher than 30.5 cm/s, the transmembrane pressure was increased negligible. Therefore, the air flowrate should be controlled to make sure the cross flow velocity to be higher than the critical value. This will prevent the membrane fouling and help the system to be operated longer.

Keywords: Aeration intensity, cross flow velocity, membrane fouling, wastewater

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Công nghệ sinh học kết hợp lọc màng ngày càng được áp dụng rộng rãi trong xử lý nước thải (Trouve và cs., 1994, Rosenberger và cs., 2002, Cornel & Krause, 2006, Uan và

cs., 2009). Công nghệ này có nhiều ưu điểm so với công nghệ bùn hoạt tính thông thường, chẳng hạn hiệu suất xử lý cao và ổn định, thiết bị nhỏ gọn, tải trọng xử lý cao và sản lượng bùn dư thấp (Uan & Chi, 2008). Tùy theo cách bố trí màng lọc, hệ thống được chia

làm hai loại chính. Loại thứ nhất: màng lọc được đặt bên ngoài bể phản ứng và nước thải được bơm qua màng lọc. Đối với loại hệ thống này, để giảm hiện tượng bùn bám vào bề mặt màng lọc thì cần phải tạo ra tốc độ dòng chảy lớn bằng bơm tuần hoàn, do đó tiêu tốn năng lượng lớn (van der Graaf và cs., 1999). Loại thứ hai: màng lọc được đặt bên trong bể phản ứng và quá trình lọc được thực hiện bằng bơm hút (Trouve và cs., 1994). Hệ thống sức khí đặt bên dưới màng lọc giúp ngăn ngừa bùn bám trên bề mặt màng lọc (Lobos và cs., 2006). Loại thứ hai nhỏ gọn và tiết kiệm năng lượng hơn loại thứ nhất vì trở lực của quá trình lọc thấp và không dùng bơm tuần hoàn. Do đó, trong những năm gần đây đã thu hút được nhiều nghiên cứu ứng dụng trong xử lý nước thải sinh hoạt, đô thị và nước thải công nghiệp (Melin và cs., 2006, Choi và cs., 2007, Qin và cs., 2007, Banu và cs., 2009).

Mặc dù có nhiều ưu điểm, nhưng vấn đề tắc màng lọc vẫn là một trở ngại cản trở ứng dụng công nghệ này vào thực tế. Do vậy, giải quyết vấn đề bám cặn gây tắc màng lọc có ý nghĩa rất quan trọng, cả về mặt học thuật lẫn khía cạnh triển khai ứng dụng. Nhiều nghiên cứu đã thực hiện nhằm loại bỏ cặn bám trên bề mặt màng lọc bằng các phương pháp vật lý, hoặc sử dụng hóa chất (Cornel & Krause, 2006, Qin và cs., 2007). Tuy nhiên, đây là phương pháp thụ động, chờ cho màng bị tắc rồi mới tiến hành xử lý. Tiếp cận theo hướng chủ động ngăn ngừa tắc màng lọc dựa vào việc nghiên cứu xác định chế độ thủy lực phù hợp trong hệ thống có lẽ là một cách thức hay.

Như đề cập ở trên, hệ thống sức khí đóng vai trò quyết định đến việc ngăn ngừa cặn bám trên bề mặt màng lọc. Vấn đề nghiên cứu được đặt ra là ảnh hưởng của tốc độ sức khí đến dòng chảy dọc theo bề mặt màng lọc như thế nào? Mối quan hệ giữa trở lực màng lọc và tốc độ dòng chảy ra sao? Và, điều kiện vận hành nào sẽ làm giảm cặn

bám lên bề mặt màng lọc? Do vậy, nghiên cứu này được tiến hành nhằm xác định tốc độ dòng chảy dọc theo bề mặt màng lọc và ảnh hưởng của nó đến trở lực màng lọc. Đồng thời nghiên cứu cũng xác định chế độ thủy lực phù hợp khi vận hành hệ thống xử lý nước thải bằng phương pháp sinh học kết hợp lọc màng.

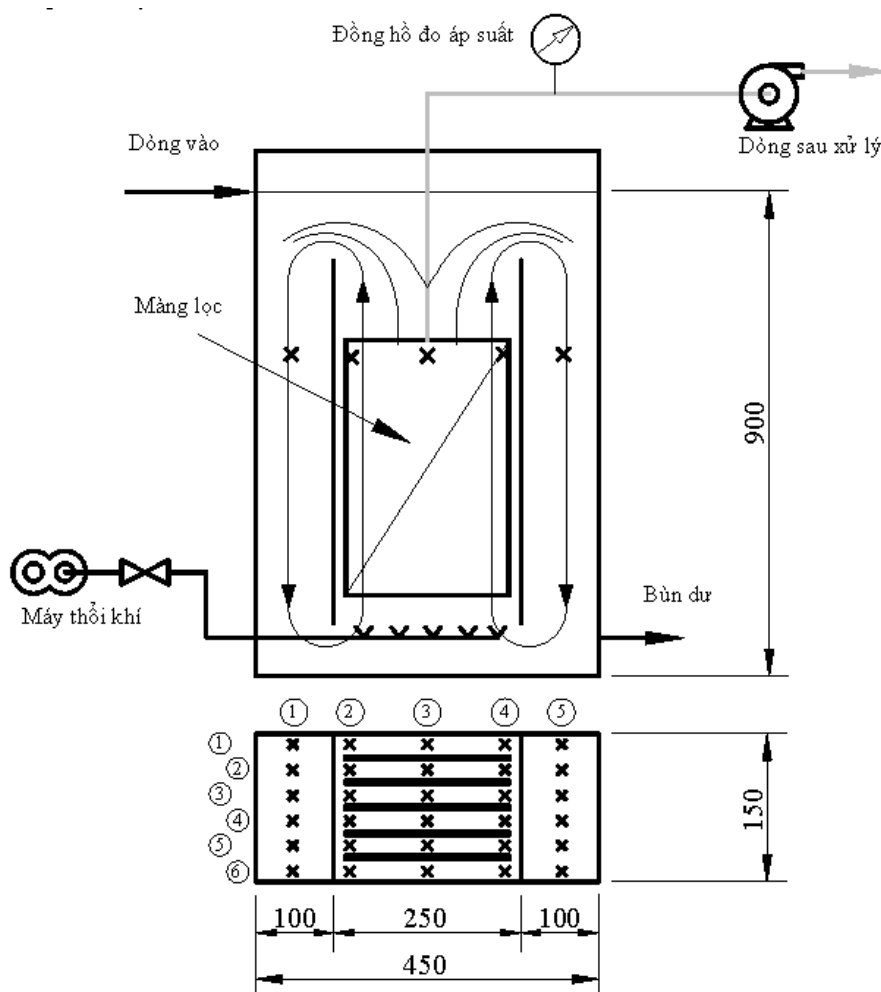
2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Hệ thống thiết bị thí nghiệm

Hệ thống thiết bị thí nghiệm gồm một bể phản ứng có thể tích làm việc 60 L (kích thước D x R x C = 450 x 150 x 900 mm) (Hình 1). Hai vách ngăn được lắp bên trong bể để chia bể phản ứng thành hai vùng: dòng chuyển động hướng lên ở giữa và dòng chuyển động đi xuống dưới ở hai bên. Diện tích mặt cắt của khu vực sức khí (vùng dòng chuyển động hướng lên) là 0,036 m² hay 360 cm² (phần diện tích này đã trừ đi phần diện tích mặt cắt của các tấm màng).

Năm tấm màng vi lọc (chế tạo từ vật liệu polyvinylidene fluoride (PVDF), kích thước lỗ 0,22 μm, sản phẩm của Công ty Hyosung Co., Ltd. Korea) được đặt trong vùng dòng chuyển động hướng lên trên. Tổng diện tích bề mặt màng lọc là 0,5 m². Không khí được cấp phía dưới các tấm màng lọc nhằm cung cấp ôxi cho quá trình oxi hóa sinh học và tạo ra dòng chảy dọc theo bề mặt màng lọc.

Dòng thải đầu vào hệ thống là nước thải sinh hoạt có nồng độ trung bình của COD, TN và TP lần lượt là 225 mg/L, 54 mg/L và 5 mg/L. Thời gian lưu thủy lực của nước thải trong bể phản ứng là 6 h. Hàm lượng chất rắn lơ lửng trong bể phản ứng khoảng 8000 mg/L. Sau quá trình phân hủy sinh học, dòng ra được bơm hút qua màng lọc với năng suất lọc được duy trì ở mức 20 L/m²/h. Bơm hút được điều khiển tự động theo chu trình hoạt động: 10 phút làm việc và 2 phút tạm dừng.



Hình 1. Sơ đồ hệ thống thí nghiệm. Dấu (x) biểu thị các vị trí đo tốc độ dòng chảy

2.2. Đo tốc độ dòng chảy dọc qua bề mặt màng lọc

Tốc độ dòng chảy dọc theo các bề mặt màng lọc được đo bằng thiết bị đo tốc độ dòng theo phương pháp điện từ, sử dụng thiết bị chuyên dụng ACM 250-D (Alec Electronics Co., Ltd., Japan) tại 30 vị trí đo khác nhau. Lưu lượng không khí thay đổi từ 5 đến 40 L/phút và được kiểm soát bằng van và lưu lượng kế.

Các vị trí đo tốc độ dòng chảy (đánh dấu 'x' trên hình 1) là các vị trí nằm giữa các tấm màng và hai bên khu vực bên ngoài. Các vị trí đặt đầu đo tốc độ nằm dưới độ sâu 0,4 m

so với mặt nước. Tốc độ dòng đo tại mỗi vị trí là giá trị trung bình các giá trị thu được từ kết quả ghi tự động của máy đo.

2.3. Chu trình xác định ảnh hưởng của cường độ sục khí đến trở lực màng lọc

Ảnh hưởng của cường độ sục khí đến sự thay đổi trở lực màng lọc trong quá trình vận hành hệ thống thí nghiệm được xác định bằng cách vận hành bơm hút theo chu trình: 10 phút làm việc và 2 phút tạm dừng. Thời gian thực hiện liên tục trong 7 ngày tương ứng với lưu lượng không khí không đổi. Khi đó sự thay đổi trở lực màng lọc được xác định bằng cảm biến đo áp suất lắp trên đường ống

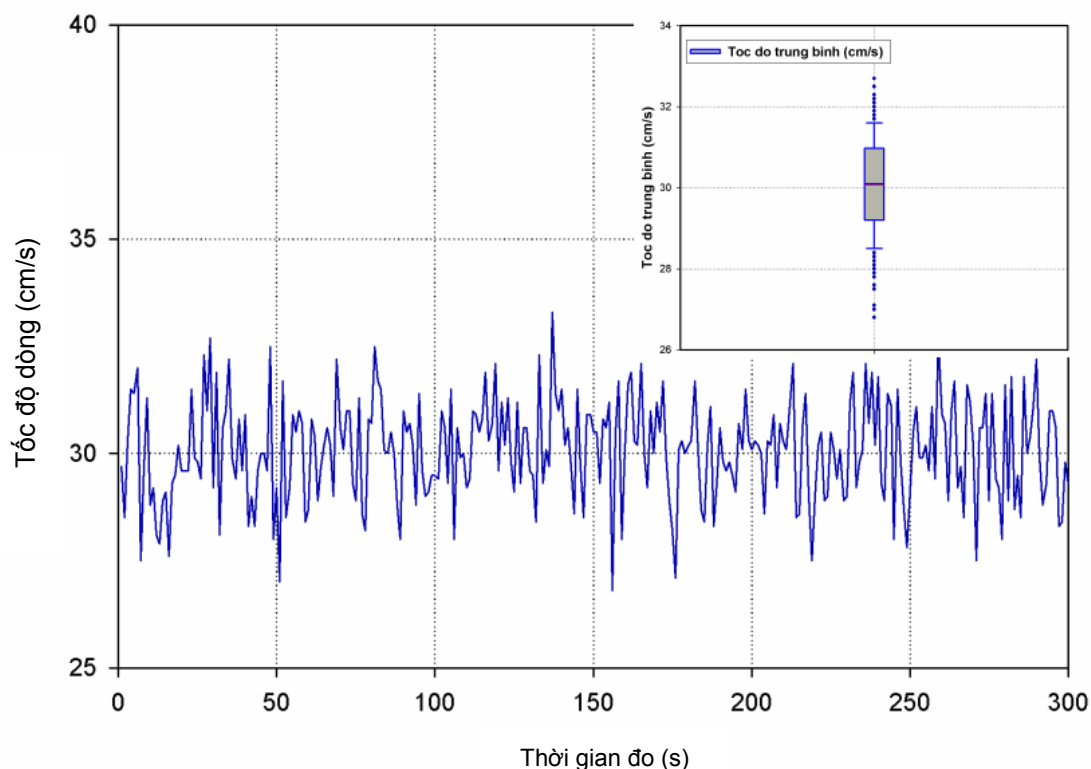
hút. Sau khi xác định được trở lực ở mỗi lưu lượng không khí đã chọn, bơm hút sẽ tạm dừng trong 24 h, nhưng tiếp tục sục khí để loại bỏ bùn bám trên bề mặt màng lọc. Tiếp theo tăng lưu lượng sục khí và tiếp tục tiến hành lặp lại chu trình trên để nghiên cứu sự thay đổi trở lực màng lọc.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

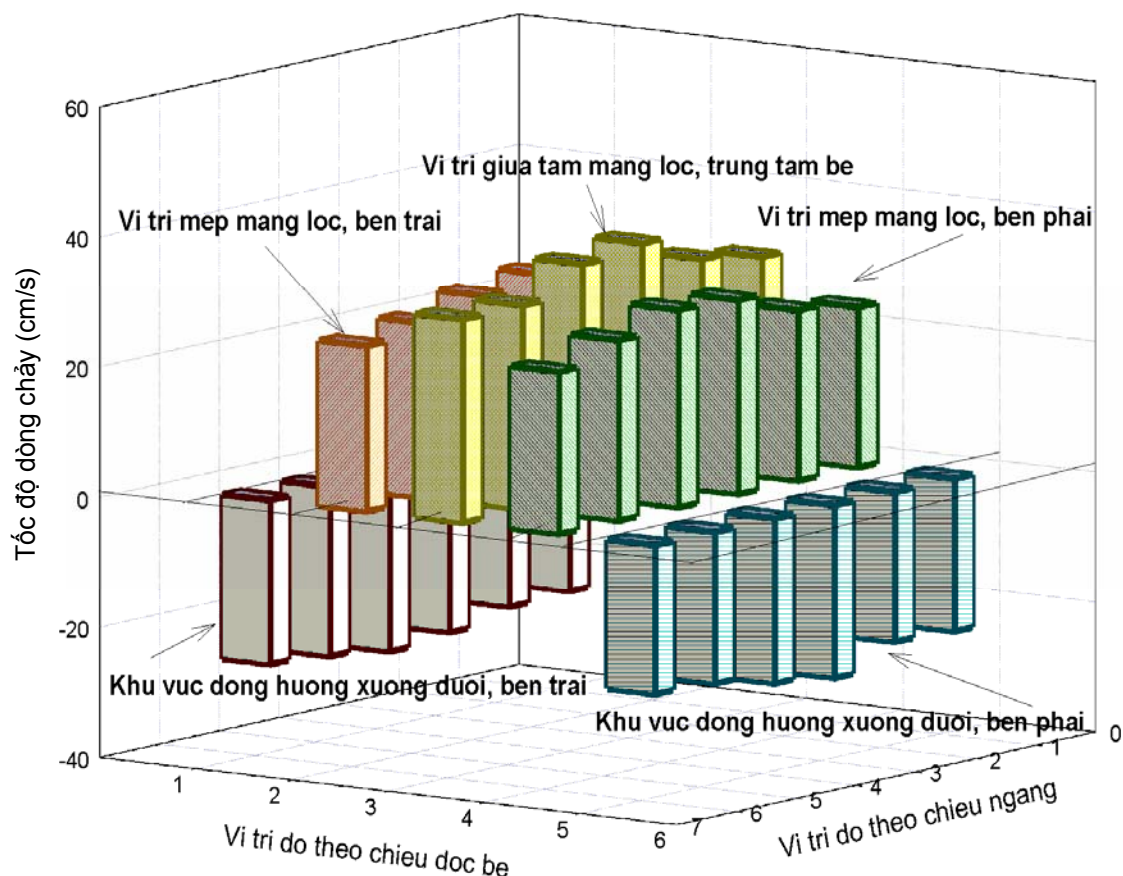
3.1. Tốc độ dòng chảy dọc theo màng lọc

Tốc độ các dòng chảy tương ứng với một giá trị lưu lượng không khí cấp vào bể phản ứng được đo tại 30 vị trí đo khác nhau (các vị trí đánh dấu “x” trên hình 1). Ví dụ hình 2 biểu diễn tốc độ dòng dao động trong thời gian đo 5 phút tại vị trí trung tâm của bể. Giá trị này tương ứng

với lưu lượng không khí cấp vào bể là 25 L/phút. Từ hình vẽ, ta dễ dàng thấy rằng tốc độ dòng trung bình thu được là 30,1 cm/s. Tương tự, tốc độ dòng tại các vị trí còn lại cũng được xác định và biểu diễn trên hình 3. Từ hình 3, cho thấy sự phân bố tốc độ dòng ở các vị trí xung quanh tương đối cân đối so với giá trị ở trung tâm, giữa các tấm màng lọc. Tốc độ dòng tại vị trí trung tâm lớn hơn tốc độ ở các vị trí xung quanh khoảng 20%. Tốc độ dòng tại khu vực dòng hướng xuống dưới có giá trị tương tự như tốc độ dòng ở khu vực mép ngoài màng lọc. Cần lưu ý, tốc độ tại các khi vực này có giá trị “âm”, biểu thị dòng hướng xuống dưới, ngược với đầu đo tốc độ.



Hình 2. Tốc độ dòng dao động trong thời gian đo 5 phút tại vị trí trung tâm (với lưu lượng sục khí 25 L/phút). Lưu ý: hình nhỏ phía trên bên phải biểu diễn giá trị trung bình.

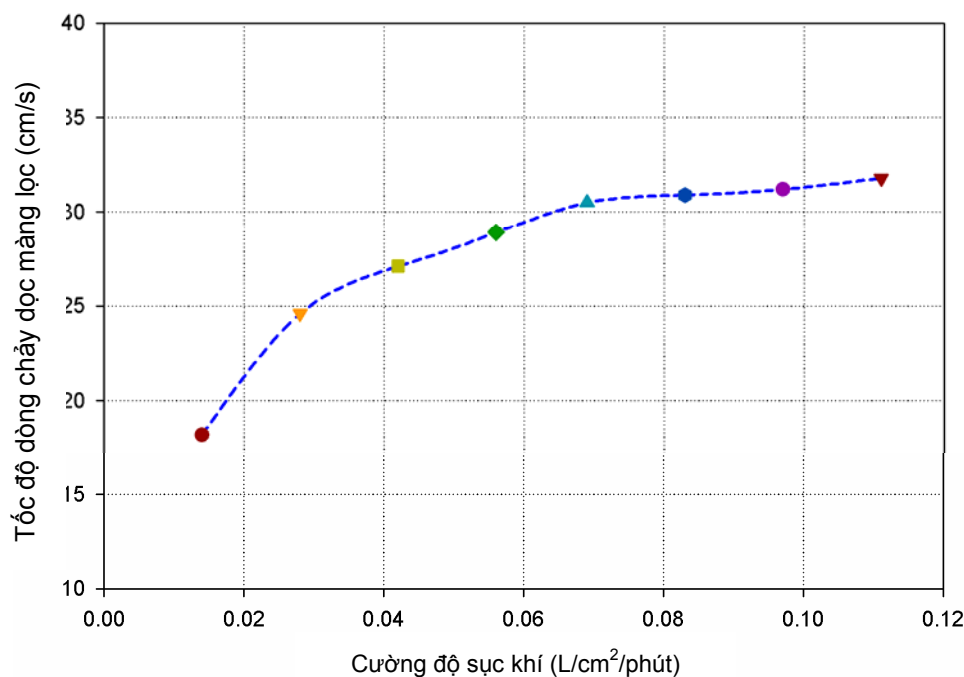


Hình 3. Sự phân bố tốc độ dòng chảy trong hệ thống
(với lưu lượng sục khí 25 L/phút)

3.2. Ảnh hưởng của cường độ sục khí đến tốc độ dòng chảy

Ảnh hưởng của cường độ sục khí đến tốc độ dòng chảy được xác định bằng cách tăng dần lưu lượng cấp khí từ 5 đến 40 L/phút. Cường độ sục khí được tính bằng lưu lượng cấp khí chia cho diện tích của vùng dòng chuyển động hướng lên trên. Trong nghiên cứu này, vùng dòng chuyển động hướng lên trên có diện tích là 360 cm² (là tổng diện tích của mặt cắt vùng bể phản ứng đặt 5 tấm màng lọc trừ đi phần diện tích mặt cắt của 5 tấm màng lọc). Cường độ sục khí tính được tương ứng với lưu lượng cấp khí (tăng từ 5 đến 40 L/phút) là 0,014 đến 0,111

L/cm²/phút. Hình 4 biểu diễn mối quan hệ giữa cường độ sục khí và tốc độ dòng chảy trong bể phản ứng. Từ hình 4, chúng ta có thể thấy có hai giai đoạn rõ rệt: khi cường độ sục khí tăng từ 0,014 đến 0,069 L/cm²/phút, tốc độ dòng chảy trung bình tăng lên với tốc độ khá lớn. Tuy nhiên, sau đó, tốc độ dòng tăng không đáng kể khi cường độ sục khí tiếp tục tăng từ 0,069 đến 0,111 L/cm²/phút. Như vậy, ở giai đoạn này, cho dù tăng lưu lượng cấp khí cũng không ảnh hưởng đáng kể đến tốc độ dòng chảy dọc theo bề mặt màng lọc. Hay nói cách khác, có thể xác định được lưu lượng không khí tối ưu để tiết kiệm năng lượng sục khí.



Hình 4. Mối quan hệ giữa tốc độ dòng chảy và cường độ sục khí

3.3. Ảnh hưởng của tốc độ dòng chảy đến hiện tượng tắc màng lọc

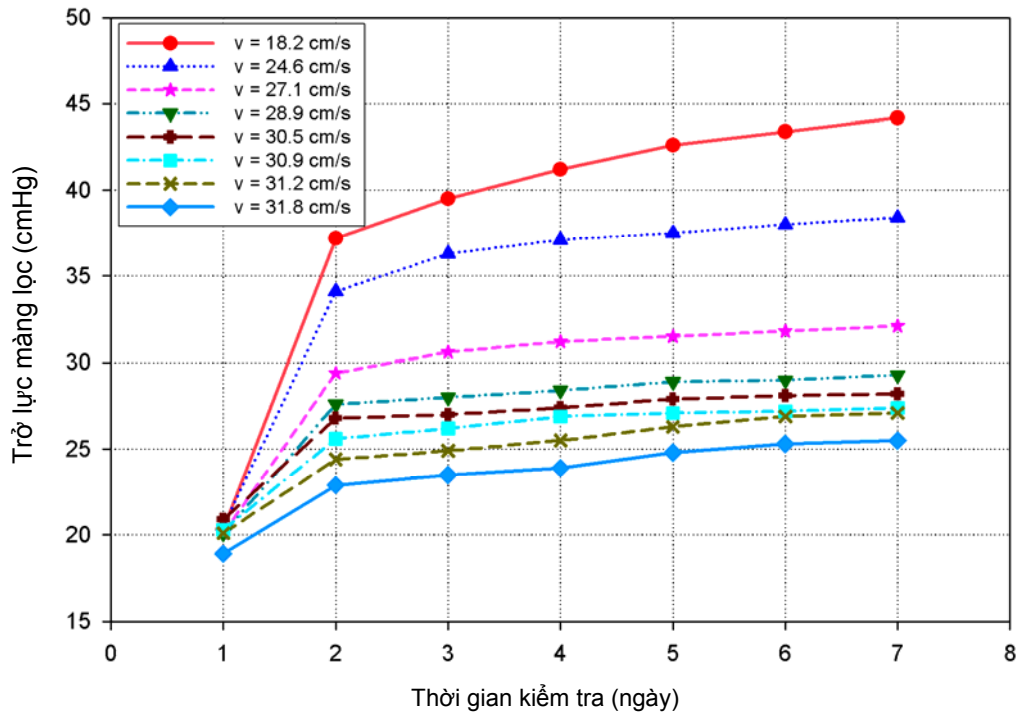
Trong quá trình vận hành hệ thống, bùn sẽ bám vào bề mặt màng lọc bám chặt gây tắc màng lọc và làm giảm năng suất lọc. Hiện tượng tắc màng lọc được nhận biết bằng việc giám sát sự thay đổi trở lực màng lọc. Hình 5 biểu diễn ảnh hưởng của các lưu lượng không khí, tương ứng với các tốc độ dòng chảy khác nhau, đến sự thay đổi trở lực màng lọc.

Từ hình 5, chúng ta có thể thấy rằng, trở lực màng lọc tại tất cả các điều kiện khác nhau đều tăng theo thời gian vận hành. Tuy nhiên, mức độ tăng của trở lực màng lọc lại tỷ lệ nghịch với tốc độ dòng chảy. Trở lực màng lọc tăng càng nhanh khi tốc độ dòng chảy thấp và ngược lại, trở lực màng lọc tăng không đáng kể khi duy trì tốc độ dòng chảy lớn.

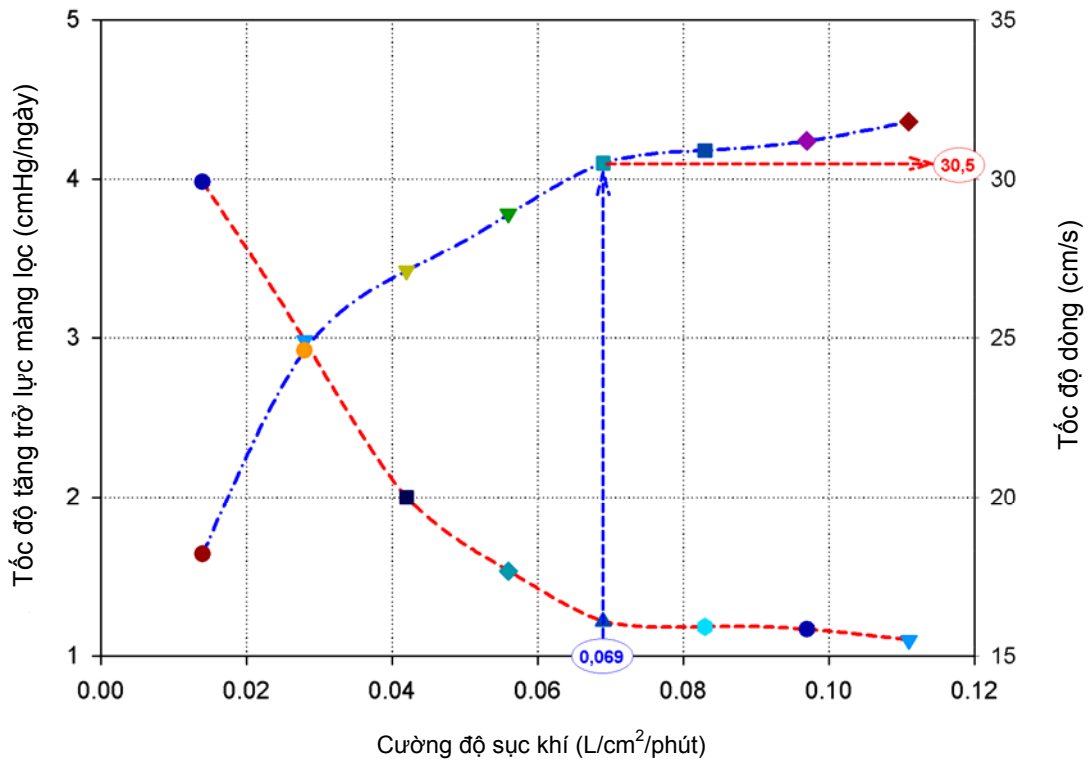
Tương ứng với mỗi cường độ sục khí và tốc độ dòng chảy khác nhau, ta có thể xác định được tốc độ tăng trung bình hàng ngày của trở lực màng lọc. Kết quả biểu diễn trên hình 6

cho thấy khi cường độ sục khí lớn hơn 0,069 L/cm²/phút, tốc độ tăng trở lực màng lọc rất chậm, hầu như ổn định. Tuy nhiên, trở lực màng lọc bắt đầu tăng nhanh khi cường độ sục khí giảm xuống thấp hơn 0,069 L/cm²/phút.

Như vậy, để giảm tốc độ tắc màng cần phải duy trì cường độ sục khí lớn hơn 0,069 L/cm²/phút. Dựa vào mối quan hệ giữa cường độ sục khí và tốc độ dòng chảy (Hình 6), chúng ta dễ dàng xác định được tốc độ dòng chảy tương ứng là 30,5 cm/s. Hay nói cách khác, đây chính là tốc độ dòng tới hạn giúp để điều chỉnh lưu lượng sục khí cần thiết nhằm hạn chế bùn bám lên bề mặt màng lọc, góp phần kéo dài thời gian vận hành. Ngoài ra, cần lưu ý trong quá trình tính toán thiết kế, vì tốc độ dòng chảy không chỉ phụ thuộc vào cường độ sục khí mà còn phụ thuộc vào các thông số kích thước của bể phản ứng, cụ thể là phần diện tích tiết diện của vùng dòng chảy hướng lên trên. Vì với cùng một lưu lượng sục khí, cường độ sục khí càng lớn khi diện tích tiết diện càng nhỏ và ngược lại.



Hình 5. Sự biến thiên của trở lực màng lọc tại các tốc độ dòng chảy khác nhau



Hình 6. Ảnh hưởng cường độ sục khí đến tốc độ tăng trở lực màng lọc

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã xác định được mối ảnh hưởng của cường độ sục khí đến tốc độ các dòng chảy trong bể phản ứng. Đồng thời ảnh hưởng của cường độ sục khí đến hiện tượng tắc màng lọc cũng được xác định. Các kết quả chính của nghiên cứu được tóm tắt như sau.

Tốc độ các dòng chảy trong bể phản ứng được phân bố tương đối cân đối ở các vị trí xung quanh so với giá trị ở trung tâm. Tốc độ dòng tại vị trí trung tâm lớn hơn tốc độ ở các vị trí xung quanh khoảng 20%. Tốc độ dòng chảy tăng lên khi tăng cường độ sục khí. Khi cường độ sục khí tăng từ 0,014 đến 0,069 L/cm²/phút, tốc độ dòng chảy tăng lên với tốc độ khá lớn. Sau đó, tốc độ dòng tăng không đáng kể khi cường độ sục khí tiếp tục tăng từ 0,069 đến 0,111 L/cm²/phút. Hiện tượng tắc màng lọc được nhận biết bằng việc giám sát sự thay đổi trở lực màng lọc. Mức độ tăng của trở lực màng lọc tỷ lệ nghịch với tốc độ dòng chảy. Trở lực màng lọc tăng càng nhanh khi tốc độ dòng chảy thấp và ngược lại, trở lực màng lọc tăng không đáng kể khi duy trì tốc độ dòng chảy lớn. Khi cường độ sục khí lớn hơn 0,069 L/cm²/phút, tốc độ tăng trở lực màng lọc rất thấp, hầu như ổn định. Trở lực màng lọc bắt đầu tăng đột biến khi cường độ sục khí giảm xuống thấp hơn 0,069 L/cm²/phút. Tốc độ dòng tối hạn xác định được là 30,5 cm/s. Lưu lượng sục khí cần được điều chỉnh để đảm bảo tốc độ dòng lớn hơn giá trị tối hạn nhằm hạn chế hiện tượng tắc màng lọc, kéo dài thời gian vận hành. Các nguồn nước thải sinh hoạt thường có đặc trưng tương tự nhau, nên kết quả thu được từ nghiên cứu này hoàn toàn có khả năng áp dụng cho các nghiên cứu khác.

LỜI CẢM ƠN

Các tác giả chân thành cảm ơn Trường Đại học Sungkyunkwan và Chương trình BK21, Bộ Giáo dục, Khoa học và Công nghệ Hàn Quốc đã tài trợ cho nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Banu, R., D.K. Uan, I.J. Chung & I.T. Yeom (2009). A study on nutrient removal and membrane performance in A2O-MBR treating domestic wastewater. *J. Env. Bio.*, 30: 959-963.
- Cornel, P. & S. Krause (2006). Membrane bioreactors in industrial wastewater treatment - European experiences, examples and trends. *Water Sci. Tech.*, 53: 37-44.
- Choi, J.H., K. Fukushi & K. Yamamoto (2007). A submerged nanofiltration membrane bioreactor for domestic wastewater treatment: the performance of cellulose acetate nanofiltration membranes for long-term operation. *Sep. Purif. Tech.*, 52: 470-477.
- Lobos, J., C. Wisniewski, M. Heran & A. Grasmick (2006). Membrane bioreactor performances: comparison between continuous and sequencing systems. *Desalination*, 199: 319-321.
- Melin, T., B. Jefferson, D. Bixio, C. Thoeye, W. De Wilde, J. De Koning, J. van der Graaf & T. Wintgens (2006). Membrane bioreactor technology for wastewater treatment and reuse. *Desalination*, 187: 271-282.
- Qin, J.J., M. N. Wai, G. Tao, K.A. Kekre & H. Seah (2007). Membrane bioreactor study for reclamation of mixed sewage mostly from industrial sources. *Sep. Purif. Tech.*, 53: 296-300.
- Rosenberger, S., U. Krüger, R. Witzig, W. Manz, U. Szewzyk & M. Kraume (2002). Performance of a bioreactor with submerged membranes for aerobic treatment of municipal waste water. *Water Res.*, 36: 413-420.
- Trouve, E., V. Urbain & J. Manem (1994). Treatment of municipal wastewater by a membrane bioreactor: Results of a semi-industrial pilot-scale study. *Water Sci. Tech.*, 30: 151-157.
- Uan, D.K. & D.K. Chi (2008). An assessment of potential application of membrane technology in municipal wastewater treatment in Vietnam. *J. Urban Env.*, 7: 39-42.
- Uan, D.K., R. Banu, S. Kaliappan & I.T. Yeom (2009). Application of membrane filtration to organic and nutrient removal in municipal wastewater using anaerobic-anoxic-aerobic bioreactor. Vietnam National Conference on Biological Technology. Thai Nguyen University & Institute of BioTechnology, 26-27 Nov. 2009, pp. 950-953.
- van der Graaf, J.H., J.F. Kramer, J. Pluim, J. de Koning & M. Weijts (1999). Experiments on membrane filtration of effluent at wastewater treatment plants in Netherlands. *Water Sci. Tech.*, 39: 129-136.