



TIỀM NĂNG ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ MÀNG TRONG XỬ LÝ NƯỚC THẢI ĐÔ THỊ

TS. Đỗ Khắc Uẩn

(Viện Khoa học và Công nghệ Môi trường, Trường đại học Bách khoa Hà Nội)

Xử lý nước thải đô thị đạt được tiêu chuẩn thải nghiêm ngặt trong điều kiện mật độ dân cư cao là một điều không hề đơn giản nếu không hướng đến những công nghệ xử lý tiên tiến. Trong thực tế, phương pháp bùn hoạt tính được sử dụng phổ biến và rộng rãi nhất để xử lý nước thải đô thị. Trong quy trình này, chất hữu cơ (dạng hòa tan), được chuyển hóa thành H_2O , CO_2 , NO_2^- , NO_3^- và sinh khối (bùn) nhờ quá trình ôxi hóa sinh học và quá trình nitrat hóa. Sinh khối phải được tách ra, thường bằng bể lắng thứ cấp, để đảm bảo đạt được chất lượng dòng ra đạt yêu cầu. Tuy nhiên, chất lượng dòng ra lại phụ thuộc vào các điều kiện thủy động lực học trong bể lắng và

đặc tính lắng của bùn. Ngoài ra, để đảm bảo đạt được yêu cầu về chất lượng nước sau xử lý dùng cho mục đích tái sử dụng thì cần xử lý thêm bằng công đoạn như lọc, hấp phụ bằng than hoạt tính và khử trùng. Áp dụng kỹ thuật lọc màng để tách sinh khối sẽ khắc phục được những hạn chế của bể lắng và giảm bớt các công đoạn xử lý sau đó. Màng lọc có khả năng tách hoàn toàn các chất rắn lơ lửng và đảm bảo dòng thải ra có chất lượng cao. Từ những năm 1969, việc kết hợp màng lọc với quá trình sinh học đã được đề cập đến. Nhưng mãi đến những năm đầu của thập kỷ 80, loại màng siêu lọc (đường kính lỗ $d = 0,005 - 0,10 \mu m$) đặt nhúng chìm trong bể sục khí để phân tách

hai pha rắn-lỏng mới chứng tỏ được khả năng áp dụng cho xử lý nước thải. Trong khoảng hơn mười năm trở lại đây, công nghệ màng (MBR) lọc sinh học thực sự thu hút được nhiều nghiên cứu và đã được ứng dụng nhiều trong thực tế. Đồng thời xu thế nghiên cứu và ứng dụng hiện nay theo hướng sử dụng màng vi lọc (đường kính lỗ $d = 0,05 - 2 \mu m$) đặt nhúng chìm trong bể sục khí. Trong hệ thống xử lý sinh học kết hợp lọc màng, bể lắng thứ cấp có trong công nghệ xử lý hiếu khí truyền thống hoàn toàn được loại bỏ.

Như vậy, công nghệ sinh học kết hợp lọc màng là công nghệ xử lý nước thải có khả năng đáp ứng được những yêu cầu hiệu quả xử lý và tái tạo, tái sử dụng

nguồn nước sau xử lý với yêu cầu diện tích sử dụng thấp nhất. Bài viết đưa ra một vài đánh giá và so sánh về các đặc trưng quan trọng của ứng dụng công nghệ màng để phân tách sinh khối, như chất lượng nước sau xử lý, sản lượng bùn dư, hiện tượng tắc màng,... để thấy rõ hơn về tiềm năng ứng dụng công nghệ màng trong xử lý nước thải đô thị ở Việt Nam.

NHỮNG ƯU ĐIỂM CỦA CÔNG NGHỆ MBR

Chất lượng nước sau xử lý

Một trong những vấn đề khó khăn của công nghệ bùn hoạt tính truyền thống là việc lắng bùn. Vấn đề bùn khó lắng thường bị gây ra bởi hiện tượng bùn kết bông kém do sự phát triển của vi khuẩn dạng sợi. Trong hệ thống MBR, nhờ việc đảo trộn mạnh bên trong bể sục khí để bảo vệ màng khỏi bị bám cặn và giữ cho bùn hoạt tính phân tán tốt hơn, nên kích thước bông bùn phân tán trong hệ thống MBR ổn định và thường nhỏ hơn 100 μm . Ngược lại, kích thước của bông bùn trong hệ thống bùn hoạt tính thông thường có thể lên đến 1.000 μm . Kích thước bông bùn nhỏ sẽ làm tăng diện tích tiếp xúc và làm tăng hiệu quả hòa tan ôxi vào bông bùn. Như vậy mức độ hoạt hóa trong hệ MBR sẽ cao hơn, dẫn đến tốc độ chuyển hóa các chất hữu cơ cao hơn từ 10 đến 15 lần so với tốc độ chuyển hóa thông thường. Hầu hết các nghiên cứu về MBR đều cho thấy rằng BOD_5 dòng ra thấp hơn 10 mg/l.

Với công nghệ MBR, thời gian lưu của bùn được kiểm soát hoàn toàn độc lập với thời gian lưu thủy lực. Do đó, thời gian lưu của bùn lớn sẽ lưu giữ toàn bộ vi khuẩn nitrat hóa, điều này dẫn đến tốc độ nitrat hóa trong quy trình MBR rất cao, đạt trung bình là 2,28 g $\text{NH}_4\text{-N/kg MLSS.h}$, lớn hơn nhiều

trong quá trình bùn hoạt tính (0,95 g $\text{NH}_4\text{-N/kg MLSS.h}$).

Nhờ quá trình phân tách bằng màng, bùn (sinh khối) sẽ bị loại trừ gần như hoàn toàn. Dòng sau xử lý không chứa chất rắn lơ lửng, nồng độ chất hữu cơ rất thấp nên có thể xả trực tiếp vào nguồn nước mặt, có thể tái sử dụng cho mục đích làm nguội, cho tưới tiêu nông nghiệp,

Kích thước hệ thống nhỏ gọn

Hệ thống MBR tiết kiệm được nhiều diện tích mặt bằng so với hệ thống bùn hoạt tính truyền thống vì không cần bể lắng thứ cấp và các hạng mục xử lý tiếp theo (ví dụ bể làm đặc bùn, hệ thống khử trùng, v.v.). Kết quả so sánh về diện tích mặt bằng của hai công nghệ này cho thấy, hệ thống MBR có diện tích mặt bằng nhỏ hơn khoảng 3 lần so với hệ thống bùn hoạt tính truyền thống.

Tốc độ hình thành bùn thấp

Những nghiên cứu về MBR đều cho thấy rằng tốc độ hình thành bùn rất thấp.

Trong hệ thống MBR, tỷ lệ F/M thấp và thời gian lưu của bùn cao hơn chính là lý do dùng để giải thích về tốc độ hình thành bùn thấp. Đối với xử lý nước thải đô thị, sản lượng bùn giảm được rất lớn nếu thời gian lưu của bùn trong khoảng 50 ngày. Tuy nhiên, độ nhớt của bùn lại tăng lên cùng với tuổi của bùn. Độ nhớt tăng sẽ làm hạn chế tốc độ chuyển khối của ôxi trong hệ thống MBR, do đó nồng độ MLSS thường được khuyến cáo trong khoảng giới hạn từ 15.000 đến 20.000 mg/l để đảm bảo tốc độ chuyển khối của ôxi có hiệu quả nhất.

Khả năng khử trùng

Trong quá trình lọc màng, việc loại trừ vi khuẩn và vi rút có thể đạt được mà không cần bổ sung bất cứ loại hóa chất nào. Coliforms trong dòng ra có thể giảm đến mức

dưới 1 MPN/100 ml. Ngoài ra, các thiết bị trong quy trình được dùng khép kín, nên hiện tượng phát tán mùi không thể xảy ra.

MỘT SỐ VẤN ĐỀ LIÊN QUAN ĐẾN VẬN HÀNH HỆ THỐNG MBR

Xử lý sinh học và phân tách bằng màng là hai quá trình khác biệt rõ ràng, nên để tối ưu hệ thống MBR cần phải đánh giá nhiều yếu tố như là nồng độ sinh khối, thời gian lưu của bùn, thời gian lưu thủy lực (cho quá trình sinh học) và năng suất lọc, chi phí vật liệu, chi phí năng lượng (cho quá trình phân tách bằng màng). Vì các yếu tố này có liên quan chặt chẽ với nhau, nên việc tối ưu không hề đơn giản. Ví dụ, khi tăng nồng độ sinh khối có thể tăng hiệu quả của quá trình xử lý sinh học, nhưng khi nồng độ bùn tăng vượt quá một giới hạn nào đó sẽ làm tăng độ nhớt của bùn và khi đó năng suất lọc lại giảm rất nhanh. Độ nhớt tăng sẽ làm giảm hiệu suất chuyển khối của ôxi, và do đó năng lượng cho sục khí cũng tăng lên.

Bên cạnh đó, năng suất lọc cũng bị ảnh hưởng bởi vật liệu màng và kích thước lỗ cũng như các điều kiện vận hành chẳng hạn áp suất hút, mức độ chảy rối của chất lỏng, và các đặc trưng vật lý của nước thải cần xử lý. Dưới đây là một số khía cạnh cần quan tâm trong hệ thống MBR.

Lựa chọn màng lọc

Việc lựa chọn màng đóng vai trò quan trọng đến năng suất lọc. Các loại màng có thể được phân loại theo loại vật liệu (hữu cơ hoặc vô cơ), chủng loại màng (vi lọc hoặc siêu lọc), cấu trúc màng (dạng tấm hoặc sợi rỗng), bề mặt lọc (lọc từ trong ra ngoài hoặc từ ngoài vào trong), và trạng thái lắp đặt (màng đặt tĩnh hoặc động).

Năng suất lọc sẽ thay đổi tùy thuộc vào việc tính toán thiết kế và xác định giá trị tối ưu đối với

từng loại màng. Ví dụ, với các đơn nguyên màng sợi rỗng lắp đặt nhúng chìm (lọc từ ngoài vào trong) có năng suất lọc thấp nhất là 3,5 //m².h, trong khi loại vi lọc màng sứ có năng suất lọc cực đại lên đến 100 //m².h.

Năng suất lọc và áp suất hút

Trong quá trình lọc màng, năng suất lọc chịu ảnh hưởng bởi trở lực gây ra do chính dòng chất lỏng đi qua màng. Năng suất lọc qua màng là một hàm số của áp suất hút và có thể được xác định theo công thức sau: $J = \Delta P / \mu R_t$. Trong đó, J: năng suất lọc (m³/m².h hay //m².h); ΔP: áp suất hút (Pa); μ: độ nhớt của nước thải (Pa.s); R_t: tổng trở lực của quá trình lọc (l/m).

Hiện tượng tắc màng

Hiện tượng tắc màng có thể do quá trình kết tủa các chất vô cơ, quá trình hấp phụ của các chất hữu cơ, do hiện tượng bám dính và phát triển của vi khuẩn tại bề mặt màng. Các hiện tượng này làm giảm năng suất lọc, giảm tuổi thọ của màng, và giảm khả năng phân tách của màng.

Các phương pháp thường được dùng để giảm khả năng bám cặn bao gồm kiểm soát toàn bộ các điều kiện vận hành (làm việc ở áp suất hút thấp, tốc độ đảo trộn cao, lọc gián đoạn theo chu kỳ, rửa ngược, và làm sạch bằng hóa chất. Tuy nhiên, khi diện tích lớp cặn bám trên bề mặt màng lọc quá lớn và năng suất lọc bị giảm quá nhiều không đảm bảo năng suất thiết kế, thì khi đó cần phải thay thế màng mới. Tuổi thọ của màng có thể kéo dài từ 2 - 7 năm.

4. NHẬN XÉT CHUNG

Trước đây, do chi phí đầu tư và vận hành của các hệ thống MBR là trở ngại lớn đối với ứng dụng triển khai vào thực tế. Nhưng trong những năm vừa qua, năng suất sản xuất màng ngày càng tăng lên, chi phí về màng ngày càng giảm xuống, do đó công nghệ MBR sẽ cạnh tranh với các quy trình truyền thống và ngày càng trở nên phổ biến hơn trong xử lý nước thải đô thị. Hệ thống MBR được sử dụng để

nâng cấp các hệ thống truyền thống hiện có nhằm tăng công suất và cải thiện chất lượng nước sau xử lý. Nhiều hệ thống MBR đã được ứng dụng trong thực tế tại Nhật Bản, Ca-na-đa, Mỹ, Pháp, Anh, Đức, Hà Lan, Singapore, Hàn Quốc, Thái Lan,... Những kết quả nghiên cứu và những kinh nghiệm áp dụng công nghệ MBR tại các nước phát triển cung cấp cho chúng ta những thông tin có giá trị cho công tác nghiên cứu xử lý nước thải đô thị ở Việt Nam.

Tài liệu tham khảo

Đỗ Khắc Uẩn, Đặng Kim Chi (2008). Đánh giá tiềm năng ứng dụng công nghệ màng trong xử lý nước thải đô thị ở Việt Nam. Tạp chí Môi trường Đô thị, 7: 39-42.

Đá nháy quê hương

Thanh Vân

*Đá nằm yên đá có nháy dâu
Sao người vẫn gọi đây là đá nháy?
Sóng tung bọt đầu ghềnh em có thấy
Đá nổi chìm theo làn nước nhấp nhô
Sóng miên man, sóng dạt dào bờ vỗ
Môi biển mặn hôn tràn lên mặt đá
Và tình yêu như phép màu kỳ lạ
Đá bỗng chồn, đá nháy dấy em ơi!
Ta hòa mình trong sóng nước biển khơi
Điều không thể cũng trở thành có thể
Bỏ quên hết nỗi nhọc nhằn trần thế
Để thả hồn theo sóng nước dung đưa
Biển vẫn là biển ấy ngàn xưa
Tình yêu vẫn muôn đời bất diệt
Nên đá cứ nhàoì mình ra biển cả
Nhảy không cùng, vũ khúc của tình yêu.*